电子工业技术词典

专用工艺设备与净化技术

国防工业出版社

73.6072
174.14

电子工业技术词典

专用工艺设备与净化技术

《电子工业技术词典》编辑委员会　编

3K-05/24



标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

内 容 简 介

《电子工业技术词典》是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上作了较大修改和增补而编写的。本《词典》是一本为广大工农兵和干部提供的深入浅出、简明实用的工具书。它也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌、扩大知识面时参考。

本《词典》共有三十四章。正文中各词汇后附有英文对照，书末附有英文索引，合订本中还附有汉字笔画索引。在出版合订本之前，将先分册出版。各分册所包括的章节内容和出版先后次序，将视具体情况而定。

本分册是《词典》第三十二章专用工艺设备与净化技术的内容，它包括：真空设备，电子束、离子束、激光加工设备，真空镀膜设备，排气设备，加热设备，焊接设备，光刻、掺杂设备，材料、零部件制造设备，分析测试设备，例行试验及其它设备，净化技术。

电子工业技术词典
专用工艺设备与净化技术
《电子工业技术词典》编辑委员会 编

国防工业出版社 出版
北京市书刊出版业营业许可证出字第074号
新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16　印张 5 3/8　108千字
1977年2月第一版　1977年2月第一次印刷　印数：00,001—22,000册
统一书号：17034·29-24　　定价：0.60元

前　言

《电子工业技术词典》是在无产阶级文化大革命伟大胜利的鼓舞下，在学习无产阶级专政理论的热潮中，在电子工业发展的新形势下出版的。它是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上编写的。

原《词典》自发行以来，曾受到广大读者的欢迎，为宣传、普及、推广电子技术知识起了一定的作用。十多年来，在毛主席革命路线的指引下，我国电子工业已有很大的发展，生产规模不断扩大，技术水平迅速提高，技术队伍日益壮大，电子技术的推广应用已引起国民经济各部门的重视，并在社会主义革命和社会主义建设中发挥出作用。目前，电子工业已成为国民经济的一个组成部分，电子工业战线的广大职工正在为实现第四届全国人民代表大会提出的宏伟目标而努力奋斗。为适应这一大好形势，更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，我们对原《词典》进行了一次较大的修改和增补。内容力求反映七十年代电子技术的水平，释文尽量做到简明、通俗。目的是为了向要求对电子工业技术有一般常识的广大工农兵和干部提供一本实用的工具书；同时也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌和扩大知识面时参考。

本《词典》共分三十四章。其目录如下：

一、电工基础；　　二、基本电子线路；

三、网络分析与综合；　　四、电波传播与天线；

五、信息论；　　六、电阻、电容与电感；

七、厚薄膜电路；　　八、磁性材料与器件；

九、电子陶瓷与压电、铁电晶体；　　十、机电组件；

十一、电线与电缆；　　十二、电子管；

十三、半导体；　　十四、电源；

十五、其它元器件；　　十六、通信；

325388

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

十七、广播与电视；　　十八、雷达；

十九、导航；　　二十、自动控制与遥控、遥测；

二十一、电子对抗；　　二十二、电子计算机；

二十三、系统工程；　　二十四、电子技术的其它应用；

二十五、微波技术；　　二十六、显示技术；

二十七、红外技术；　　二十八、激光技术；

二十九、电声；　　三十、超声；

三十一、声纳；　　三十二、专用工艺设备与净化技术；

三十三、电子测量技术与设备；　　三十四、可靠性。

各章互有联系，并尽量避免章节间词汇的重复，故每章只有一定的系统性。正文前有章节和词汇目录，正文中各词汇后附有英文对照，最后附有汉字笔画索引与英文索引。本《词典》将先分册出版，各分册所包含的章节内容和出版先后次序将视具体情况而定。各分册无汉字笔画索引。

本《词典》的编写工作，自始至终是在毛主席革命路线的指引下，在党的领导下进行的。贯彻了“**独立自主，自力更生**”的伟大方针，坚持了群众路线，实行了工人、干部、科技人员和生产、科研、教学两个三结合，以及理论联系实际的原则。《电子工业技术词典》本身就是广大群众集体智慧的结晶。它的编写过程也反映了无产阶级文化大革命后我国出版战线上的新气象。

由于我们水平有限，加上时间仓促，虽然作了很大努力，但《词典》中还可能存在不少错误和不妥之处，恳请广大读者及时批评指正。

《电子工业技术词典》编辑委员会

一九七五年十月一日

目　录

专用工艺设备

专用工艺设备……32-1

一、真空设备

真空获得设备……32-1
真空泵……32-1
机械真空泵……32-1
油封机械真空泵……32-1
旋片式机械真空泵……32-2
滑阀式机械真空泵……32-2
定片式机械真空泵……32-2
多室真空泵……32-2
机械增压泵……32-2
罗茨真空泵……32-3
往复真空泵……32-3
分子真空泵……32-3
无油机械泵……32-3
蒸汽流泵……32-3
扩散泵……32-3
油扩散泵……32-3
汞扩散泵……32-4
喷射泵……32-4
汞蒸汽喷射泵……32-4
油蒸汽喷射泵……32-4
水蒸汽喷射泵……32-4
扩散喷射泵……32-4
物理化学泵……32-5
钛升华泵……32-5
容积吸气剂泵……32-5
电离泵……32-6
吸气离子泵……32-6
蒸发离子泵……32-6
弹道式钛泵……32-6
溅射离子泵……32-7
复合式钛泵……32-7
冷凝泵……32-8
真空计……32-8
全压强真空计……32-8
绝对真空计……32-8
相对真空计……32-8
膜片真空计……32-8
U形真空计……32-8
压缩式真空计……32-9
热辐射真空计……32-9
热传导真空计……32-9
电阻真空计……32-9
热偶真空计……32-9
热敏电阻真空计……32-9
双金属真空计……32-9
放电指示管……32-9
电离真空计……32-9
热阴极电离真空计……32-10
冷阴极电离真空计……32-10
放射性电离真空计……32-10
超高真空计……32-10
B-A电离真空计……32-11
冷磁控超高真空计……32-11
热磁控超高真空计……32-11
分压强真空计……32-11
气体分析仪……32-11
磁偏转型分压计……32-11
回旋质谱仪……32-12
四极质谱仪……32-12
高频火花检漏仪……32-12
差压检漏仪……32-12

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

卤素检漏仪…… 32-13
氢钯检漏仪…… 32-13
氦质谱检漏仪…… 32-13
真空系统…… 32-13
无油真空系统…… 32-13
半无油真空系统…… 32-14
主泵…… 32-14
前级泵…… 32-14
增压泵…… 32-14
预抽泵…… 32-14
维持泵…… 32-14
机械阱…… 32-14
冷凝阱…… 32-14
吸附阱…… 32-14
真空胶管…… 32-14
真空阀…… 32-14
充气阀…… 32-14
针阀…… 32-15
前级管路…… 32-15
预抽管路…… 32-15
储气罐…… 32-15
密封圈…… 32-15
真空设备…… 32-15

二、电子束、离子束、激光加工设备

电子束加工设备…… 32-15
离子束加工设备…… 32-16
激光加工设备…… 32-16

三、真空镀膜设备

真空镀膜设备…… 32-17
真空镀膜…… 32-17
真空蒸镀…… 32-17
真空蒸发…… 32-17
电阻加热蒸镀设备…… 32-17
电子束蒸镀设备…… 32-18
环形电子枪…… 32-19
e形电子枪…… 32-19
L形电子枪…… 32-19
高频感应加热蒸镀设备…… 32-20
电弧放电蒸镀设备…… 32-20
激光加热蒸镀设备…… 32-20
溅射设备…… 32-21
阴极溅射设备…… 32-21
辉光放电溅射设备…… 32-22
直流二极溅射设备…… 32-22
等离子溅射设备…… 32-22
高频溅射设备…… 32-22
高频辉光放电溅射设备…… 32-23
高频等离子溅射设备…… 32-23
反应溅射设备…… 32-23
吸气剂溅射设备…… 32-23
偏压溅射设备…… 32-23
非对称交流溅射设备…… 32-23
离子束镀膜设备…… 32-24
电子束化学反应镀膜设备…… 32-24
无掩模电子束镀膜设备…… 32-25
无油超高真空镀膜设备…… 32-25
多源连续真空镀膜机…… 32-25

四、排气设备

排气设备…… 32-25
排气台…… 32-26
排气机…… 32-26
圆排车…… 32-26
轨道式排气机…… 32-26
双真空排气台…… 32-26
无油超高真空排气台…… 32-26

五、加热设备

加热设备…… 32-27
电热设备…… 32-27
电阻炉…… 32-27
真空电阻炉…… 32-28
井式真空电阻炉…… 32-28
钟罩式真空电阻炉…… 32-28

底部送料式真空电阻炉…… 32-28
卧式真空电阻炉…… 32-28
半连续式真空电阻炉…… 32-28
马弗炉…… 32-28
氢气电阻炉…… 32-29
井式氢气电阻炉…… 32-29
钟罩式氢气电阻炉…… 32-29
底部送料式氢气电阻炉…… 32-29
卧式氢气电阻炉…… 32-29
垂熔炉…… 32-29
电弧炉…… 32-30
感应炉…… 32-30
电子束炉…… 32-30
电子束熔炼炉…… 32-30
电子束区域熔炼炉…… 32-30
等离子炉…… 32-31
微波加热炉…… 32 31
红外线炉…… 32-31
非电热设备…… 32-31

六、焊接设备

焊接设备…… 32-31
接触焊接设备…… 32-31
电阻焊接设备…… 32-32
点焊机…… 32-32
贮能点焊机…… 32-32
滚焊机…… 32-32
平行缝焊机…… 32-32
环形缝焊机…… 32-32
对焊机…… 32-32
压焊…… 32-33
闪焊…… 32-33
热压焊接机…… 32-33
超声焊接机…… 32-33
超声键合机…… 32-33
芯片焊接机…… 32-33
梁式引线焊接机…… 32-34
倒装焊接机…… 32-34
非接触焊接设备…… 32-34
气焊机…… 32-34
电弧焊接机…… 32-34
氩弧焊接机…… 32-34
等离子氩弧焊接机…… 32-34
电子束焊接机…… 32-35
真空电子束焊接机…… 32-35
大气电子束焊接机…… 32-36
等离子电子束焊接机…… 32-36
光束焊接机…… 32-37
红外线焊接机…… 32-37

七、光刻、掺杂设备

坐标刻图机…… 32-37
自动刻图机…… 32-37
初缩照相机…… 32-38
分步重复照相机…… 32-38
光栅定位分步重复照相机…… 32-38
激光定位分步重复照相机…… 32-38
精缩照相机…… 32-38
掩模版比较仪…… 32-38
掩模版复印机…… 32-39
甩胶机…… 32-39
涂胶设备…… 32-39
曝光设备…… 32-39
紫外线曝光机…… 32-40
紫外线接触曝光机…… 32-40
紫外线接近曝光机…… 32-40
紫外线投影曝光机…… 32-40
自动曝光机…… 32-40
彩色显象管曝光台…… 32-40
荫罩双面曝光机…… 32-41
电子束曝光机…… 32-41
电子束制版机…… 32-41
电子束布线机…… 32-41
电子束投影曝光机…… 32-41
X射线曝光机…… 32-42
图形发生器…… 32-42

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

选择布线机…… 32-42
显影机…… 32-42
显影设备…… 32-43
腐蚀设备…… 32-43
等离子去胶机…… 32-43
离子蚀刻机…… 32-43
气相外延炉…… 32-43
卧式外延炉…… 32-43
立式外延炉…… 32-44
桶式外延炉…… 32-44
分子束外延炉…… 32-44
化学气相淀积设备…… 32-44
掺杂设备…… 32-45
扩散炉…… 32-45
氧化炉…… 32-45
单管扩散炉…… 32-46
多管扩散炉…… 32-46
卧式扩散炉…… 32-46
离子注入机…… 32-46
高频离子源…… 32-47
双等离子体离子源…… 32-47
冷阴极潘宁离子源…… 32-48
电子束掺杂机…… 32-48

八、材料、零部件制造设备

单晶炉（直拉法）…… 32-48
高压晶体生长炉…… 32-49
电子束单晶炉…… 32-49
切割机…… 32-49
刀刃切割机…… 32-49
外圆切片机…… 32-49
内圆切片机…… 32-49
石英晶体切割机…… 32-49
变压器C型铁芯切割机…… 32-50
电子束切割机…… 32-50
超声切割机…… 32-50
激光切割机…… 32-50
激光切片机…… 32-50
划片机…… 32-50
激光划片机…… 32-50
研磨机…… 32-50
抛光机…… 32-51
化学机械抛光机…… 32-51
球面铣磨机…… 32-51
玻璃滴料机…… 32-51
玻璃拉管机（卧式）…… 32-51
玻璃管切割机…… 32-52
电子束管自动吹泡机…… 32-52
玻璃压机…… 32-52
拉丝机…… 32-52
绕丝机…… 32-52
自动绕栅机…… 32-52
金属陶瓷管栅极制造机…… 32-53
切丝机…… 32-53
切头机…… 32-53
阴极套管收口机…… 32-53
炼塑机…… 32-53
塑料封装机…… 32-53
自动成型压床…… 32-54
自动压片机…… 32-54
编织机…… 32-54
绕线机…… 32-54
变压器C型铁芯卷绕机…… 32-54
电容器芯子卷绕机…… 32-54
切纸切箔机…… 32-54
插针成型机…… 32-54
插孔成型机…… 32-55
管脚制造机…… 32-55
自动攻丝铣扁机…… 32-55
云母片铆装机…… 32-55
环状消气剂压粉机…… 32-55
方形消气剂制造机…… 32-55
真空浸渍设备…… 32-55

九、分析测试设备

电子探针…… 32-56

离子探针…… 32-56
质谱仪…… 32-56
奥格电子能谱仪…… 32-56
电子显微镜…… 32-56
扫描电子显微镜…… 32-57
显微镜…… 32-57
金相显微镜…… 32-58
干涉显微镜…… 32-58
中测探针台…… 32-58

十、例行试验及其它设备

例行试验设备…… 32-59
环境试验设备…… 32-59
振动试验台…… 32-59
电动式振动台…… 32-59
机械式振动台…… 32-59
电液式振动台…… 32-59
振动自动控制仪…… 32-59
振动测试仪…… 32-59
冲击试验台…… 32-60
离心加速度试验机…… 32-60
摇摆试验台…… 32-60
运输试验台…… 32-60
高温试验箱…… 32-60
低温试验箱…… 32-60
潮湿箱…… 32-60
低气压试验箱…… 32-60
老化台…… 32-60
金刚石模电火花钻孔机…… 32-60
金刚石模电火花扩孔机…… 32-61
金刚石模磨平面机…… 32-61
分片机…… 32-61
芯片分选机…… 32-61
自动清洗机…… 32-61
振动清洗机…… 32-61
去离子水装置…… 32-61

净化技术

室外大气尘（室外空气尘）…… 32-62
室外大气尘浓度…… 32-62
室内尘源…… 32-62
空气过滤器…… 32-62
低效（粗）过滤器…… 32-62
中效过滤器…… 32-62
高效过滤器…… 32-62
过滤效率…… 32-63
计重效率…… 32-63
比色效率…… 32-63
计数效率…… 32-63
过滤器的穿透率…… 32-63
洁净间…… 32-63
洁净间标准…… 32-63
常规型（紊流型）洁净间…… 32-63
水平层流型洁净间…… 32-64
垂直层流型洁净间…… 32-64
装配式洁净间…… 32-64
洁净工作台…… 32-65
气闸室…… 32-65
空气吹淋室…… 32-65
物料吹淋室…… 32-65
洁净间内空气的正压…… 32-66
正压的控制…… 32-66
传递窗…… 32-66
粘着垫…… 32-66
静电自净器…… 32-66
移动式真空吸尘机…… 32-67
集中式真空吸尘系统…… 32-67
移动式层流空气净化装置…… 32-67
防尘服…… 32-67
洁净间的监测…… 32-68
滤膜法测尘…… 32-68
光电尘粒计数器…… 32-68
气体净化…… 32-68
催化脱氧…… 32-69
吸附干燥…… 32-69
露点…… 32-69
纯水…… 32-69

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

专用工艺设备

专用工艺设备

special technological equipment

在工业生产中，为某种产品的某一工艺过程而特别设置的设备就是专用工艺设备。它的主要特征是工艺性强、技术领域广、变化快，一般系根据具体工艺要求而专门设计制造。例如，电真空器件生产上用的玻璃压机、绕栅机、排气设备、加热设备、例行试验设备，集成电路生产上用的曝光机、镀膜设备、掺杂设备、测试设备等，均属专用工艺设备。

一、真空设备

真空获得设备

pumping equipment

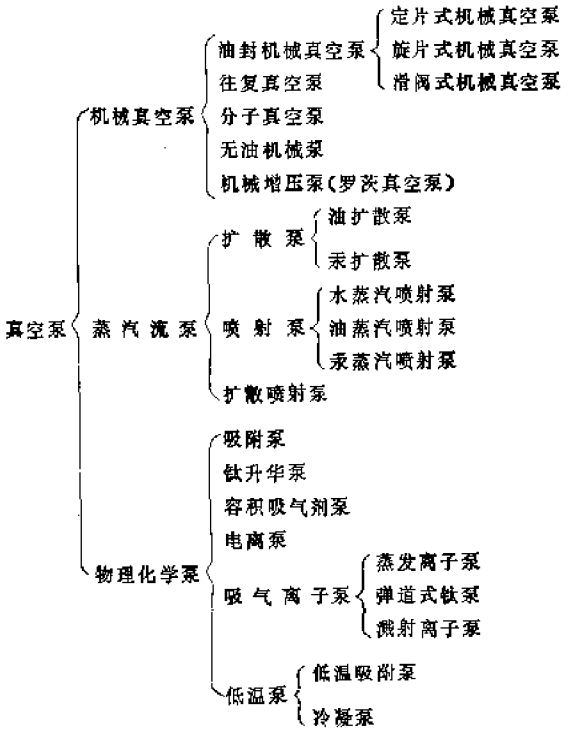
能获得真空的设备，一般系指真空泵见“真空泵”。

真空泵

vacuum pump

利用机械、物理、化学或物理化学的方法直接抽走一个特定容器内的气体，以获得真空的机器或器件。

按照工作原理，真空泵可作如下分类：



机械真空泵

mechanical vacuum pump

利用机械运动（转动或滑动）获得真空的泵。

油封机械真空泵

oil-sealed rotary pump

用油来保持密封的一种低真空机械泵。按结构可分为定片式、旋片式及滑阀式三

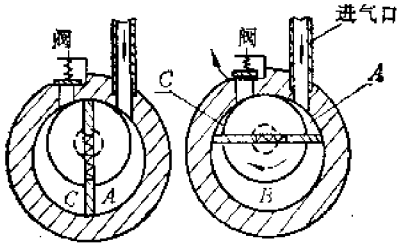
种。其工作压强范围为760～10^{-4}毛。

旋片式机械真空泵

rotary-vane pump

属油封机械真空泵之一种。装有两个旋片的偏心转子在圆柱形泵体（即定子）内旋转，如图所示。旋片在离心力和弹簧张力的作用下，始终与泵体内壁保持适宜的接触，借助于油的密封将泵腔分为两个互不相通的气室——吸气室A和压缩室C。当转子旋转时，旋片的一边因泵腔容积的不断增大而从进气口吸气，另一边的气体则随泵腔容积的不断减小而被压缩。当被压缩的气体压强超过一个大气压（760毛）时，即打开排气阀，将气体排出。如此周期性地运动即可达到排气之目的。排气阀浸在油内，借助于油密封以阻止被排出气体返流入泵中。

该泵有单级和双级（由两个单级泵串联而成）二种，其工作压强范围分别为760～10^{-2}毛和760～10^{-4}毛。



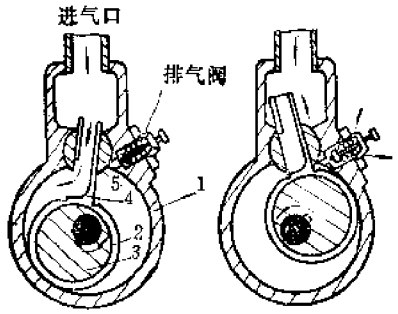
旋片式机械真空泵工作原理图

滑阀式机械真空泵

rotating plunger pump

属油封机械真空泵之一种。主要由圆柱形的泵缸1和柱塞组件组成，如图所示。柱塞组件由装在泵缸中的圆柱形转子2(柱塞环)、转子内的偏心轮3、转子上部的长方形柱塞杆4及柱塞导轨5组成。柱塞组件将泵缸分为两个互不相通的气室——膨胀室和压缩室。当偏心轮由通到缸外面的轴（轴与泵缸的中心线相重合）带动旋转时，使柱塞环与泵缸的内表面边接触边滑动，而柱塞杆随之沿半圆形的柱塞导轨自由地上下滑动及左右摆动。这样，膨胀室因泵腔容积的不断增大，使气体通过柱塞杆的空心部分由长方孔流入其中而进行膨胀（吸气）。压缩室的气体则随泵腔容积的不断减小而被压缩。被压缩的气体最后顶开排气阀，排到大气中。如此周期循环，进行抽气。

该泵有单级和双级两种，其工作压强范围分别为760～10^{-2}毛和760～10^{-4}毛。由于结构上的特点，该泵的容量比旋片式机械泵的大得多。



滑阀式机械真空泵工作原理图

定片式机械真空泵

fixed vane rotary piston pump

在泵体（定子）内偏心地装有一块始终与转子表面紧贴的径向滑片，它随转子的旋转而上下滑动，使膨胀室与压缩室的容积发生周期性的改变而进行抽气。这种泵称为定片式机械真空泵。

多室真空泵

multi-coupling of rotary vacuum pump

在一个机体内装有由同一电动机拖动的若干个独立工作室的机械真空泵。

机械增压泵

mechanical booster pump

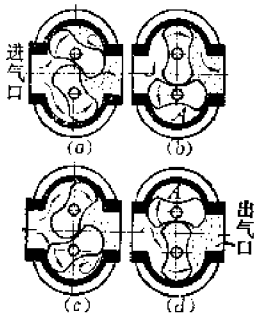
一种以空气为工作介质，利用一对作同步、反向高速旋转的双叶形或多叶形转子产生抽气和排气作用的机械真空泵，如图所示。

由于泵的转子和转子之间、转子和泵体之间有一定的间隙，转子旋转时互不摩擦，因而可允许有较高的转数。并因间隙较小，可以保证在10^{-1}～10^{-2}毛压强范围内具有较

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

大的抽速。将它串接在油封机械泵和油扩散泵之间，可提高油扩散泵的反压强，因此弥补了油封机械泵和油扩散泵在此压强范围内抽速很小或不能抽气的缺陷。因它作增压泵使用，故得名机械增压泵。

该泵具有在10^{-1}～10^{-2}毛范围内抽速大、启动快、功率消耗小、易平衡、少油污以及与水环泵匹配成机组可抽除含有一定量灰尘和水蒸汽等优点。但它一般不能直接向大气排气，须配置前级泵（如油封机械泵）。该前级泵直接影响着它的抽速和极限真空度。工作压强超过一定限制时，须予保护，以防泵过热卡死。



机械增压泵工作原理图

这种泵的工作原理是由罗茨鼓风机演变而来的，故也可称为罗茨真空泵。

罗茨真空泵

Roots vacuum pump

即“机械增压泵”。

往复真空泵

reciprocating pump

利用活塞缸中的活塞作周期性往复运动，在每一个行程中进行一次膨胀吸气和压缩排气，如此循环进行抽气。这种泵称为往复真空泵。

分子真空泵

molecular pump

利用高速旋转的转子给予与之相碰撞的气体分子以动量，将其驱向出气口，再由前级泵抽除，这种泵称为分子真空泵，简称分子泵。它由泵体（定子）和转子组成。转子上装有一定几何形状的动叶片，泵体上装有相应的静叶片。动静叶片之间和动叶片与泵体之间具有很小的间隙。转子由电动机拖动作高速旋转（转数可达10000～42000转/分）。

泵的工作压强范围为10^{-2}～10^{-10}毛。它具有抽气范围宽、抽速恒定、启动快（5～6分钟即能正常工作）、真空洁净（不使用工作液、且轴承处的润滑油蒸汽不会返流到高真空端）及功率消耗小等特点。这种泵与吸气离子泵和冷凝泵组合使用时，对各种气体均有较佳的抽气性能。

无油机械泵

oil-free mechanical pump

油封机械泵因以油为工作介质，常有油蒸汽和少量的油滴返流，因此，用油封机械泵不能获得洁净真空。无油机械泵则不用油作工作介质，采用各种机械方法使容积作周期性变化来产生抽气作用。在结构上采取一些特殊措施以防止润滑部分的润滑油进入抽气腔。这样便可获得洁净真空。根据不同的结构，该泵可获得100～200毛乃至10^{-3}毛的真空。

蒸汽流泵

vapour stream pump

用蒸汽流作为抽气手段的真空泵。根据蒸汽流对被抽气体的作用方法的不同，分扩散泵、喷射泵和扩散喷射泵三种。

扩散泵

diffusion pump

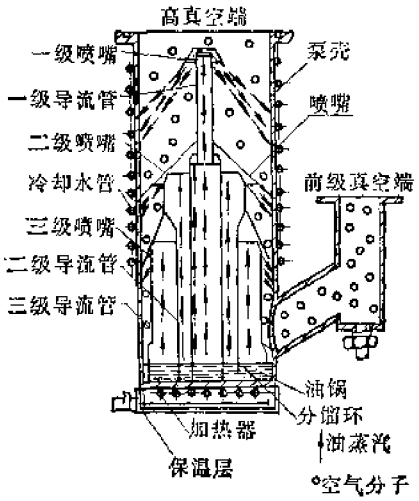
由于蒸汽流的作用，在被抽容器和该泵之间建立起被抽气体的分压强差，使被抽气体不断从容器内向蒸汽流中扩散，再经压缩然后被前级泵排除。这种泵称为扩散泵。按所用工作液的不同，分油扩散泵和汞扩散泵二种。

油扩散泵

oil diffusion pump

以真空油为工作介质的扩散泵，称为油扩散泵。它属蒸汽流泵的一种。主要由沸腾

器（油锅）、加热器、泵壳、各级喷嘴及导流管组成（如图）。



油扩散泵工作原理图

当油扩散泵底部油锅中的泵油被加热器加热到沸腾温度时，由于油锅压强远远大于其对应的外部空气压强，油蒸汽将以高速经导流管由各级喷嘴中喷出。蒸汽流上方为被抽空间，蒸汽流下方与前级真空相连，于是蒸汽流将高真空和前级真空隔开。当从喷嘴中喷出的高速蒸汽流束的流量远远大于被抽空气的流量时，空气分子由于热运动扩散到压强很低的蒸汽流中。这时，油蒸汽将和被抽气体产生碰撞，使之以接近于蒸汽流束的速度被带向泵壁到低真空端，遂被逐级抽走而产生抽气作用。

油蒸汽流碰到冷却的泵壁后被冷凝为油，重返油锅，循环工作。而被抽空气分子碰到泵壁后被反射，再受到蒸汽流的碰撞而重新流向泵壁。如果蒸汽流和泵壁保持有适当的角度，则反射的空气分子经过数次碰撞便被带到低真空端，被下一级喷嘴喷出的蒸汽流束或前级真空泵抽走。

油扩散泵的工作压强范围为 10^{-3}～10^{-9} 毛。如果配用适当的冷挡板和液氮冷凝阱，并进行适当的烘烤除气可获得 10^{-9}～10^{-11} 毛之超高真空乃至更高的真空度。这种泵的主要缺点是存有一定量的返流油蒸汽进入被抽容器中造成油污染。另外，工作原理所限，必须配置前级泵才能工作。

汞扩散泵

mercury diffusion pump

用汞作为工作介质的扩散泵。由于汞的化学性能稳定不会发生热分解，因此允许用增大加热功率来提高沸腾器的压强以得到反压强特性好的泵。汞的成分单纯，所以汞扩散泵常用来对水银灯、荧光灯、离子管和质谱仪、气体分析仪及超高真空装置等这些最忌讳油蒸汽或其分解物的系统排气。但由于汞的蒸汽压高（10^{-3}毛），欲获得高真空必须加冷凝阱。汞蒸汽对人体有害，应予防护。

喷射泵

ejector pump

由高速的射流在泵内建立一低压空间，使具有较高压强的被抽气体不断流向该处，并被射流带走，再经压缩而被排除的蒸汽流泵。按所用工作介质的不同，分汞蒸汽喷射泵、油蒸汽喷射泵、水蒸汽喷射泵和水喷射泵等。

汞蒸汽喷射泵

mercury ejector pump

见“喷射泵”。

油蒸汽喷射泵

oil vapour ejector pump

见“喷射泵”。

水蒸汽喷射泵

steam ejector pump

用水蒸汽作为工作介质的喷射泵。该泵可以抽除含有大量可凝性气体的负载，并可抽除含有一定量灰分等不太纯净的气体（这是其它各种真空泵所不能做到的）。单级泵的极限真空度约为 50 毛。为了得到更高的真空度可采用多级串联，构成多级水蒸汽喷射泵，如六级串联泵，其极限真空度可达1×10^{-8}毛。

扩散喷射泵

diffusion-ejector pump

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

沸腾器压强高于数毛，由一级以上的扩散喷嘴和一级以上的喷射喷嘴组合而成的蒸汽流泵。其极限真空一般为 10^{-5}毛。抽气速率即使在泵进口压强为 10^{-2}毛情况下也相当大（这是扩散泵、油封机械泵所没有的）。并且最大反压强为 1 毛左右，因此在短时间内即可获得高真空。

物理化学泵

physical-chemical pump

用吸附、电离或低温冷凝等物理、化学方法排除一特定容器内的气体以获得真空的泵，称为物理化学泵。

钛升华泵

titanium sublimation pump

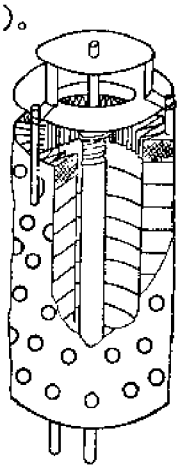
许多金属元素，如钽、钛、钼、钡、钨等在真空中加热升华（或蒸发）形成的沉积薄膜，分别对不同的气体具有不同的化学吸附性能。其中以钽的吸气性能最好，其次是钛和钼。但钽和钼需要很高的蒸发温度，故常用钛作为吸气材料。钛升华泵便是利用这种特性对气体抽气的装置。钛膜只能吸附活性气体（氮、氧、一氧化碳、氢等），而不能吸附惰性气体（氦、氖等）。且钛膜温度愈低，其吸气性能愈大；钛膜表面积愈大，吸附的气体分子数愈多。因此，钛升华泵常采用泵壁被液氮冷却、钛连续升华（在超高真空范围内，为节省钛，可间断升华），以不断获得新的冷却钛膜，对气体吸附、覆盖、吸附……之形式来抽气。目前常用的钛蒸发器有钛丝缠绕式、钛钼合金丝式、薄壳钛球式、电子轰击式等种。

钛升华泵常用作大型真空系统的主泵。目前抽速可达每秒数万升以上，工作压强范围为 10^{-3}～10^{-11}毛以下。另外，它常与溅射离子泵组合使用，升华泵专抽活性气体，溅射离子泵则抽除惰性气体，并在真空度较低时，短时间点燃升华泵的大量升华钛，使压强迅速下降，以助溅射离子泵启动。

容积吸气剂泵

bulk getter pump

在金属片的两面分别被覆上50微米厚的极活泼的锆-铝合金（一种气体易向其内部扩散的活性非蒸发吸气剂），将该金属片弯曲成具有许多折叠的圆筒（以增大吸气剂的有效表面积），沿圆筒的轴线设置一热丝即成容积吸气剂泵（见图）。



容积吸气剂泵结构示意图

工作过程是：将容积吸气剂泵与真空容器直接相连，在真空中给热丝通电加热到850～900℃，并保持 10 分钟，借其热辐射进行活化处理，以后在 400℃工作温度下靠锆-铝合金表面层对气体的表面局部化学吸附、表面扩散、内部扩散等，使气体固溶于金属晶格中进行抽气。抽气达到饱和后，再加热（最低温度需 750℃，5 分钟），即可恢复抽气能力。

这种泵的特点是：

（1）可用来补充溅射离子泵对活性气体的抽速。工作时锆铝吸气剂不蒸发，工作温度低，因此真空洁净。另外，不用液氮即可在短时间内获得超高真空。

（2）与溅射离子泵相比，虽然溅射离子泵较易获得 10^{-11}毛真空度，但容积吸气剂泵在 10^{-7}～10^{-10}毛范围内抽气较稳定。

（3）宜作溅射设备的抽气泵，对溅射电极放出的活性气体进行选择抽气。另外，当通入的稀有气体欲在高压强中进行纯化

时，也宜用容积吸气剂泵抽气。

电离泵

ion pump

将被抽气体分子电离，用电场使其向一定方向运动而进行抽气的真空泵。

吸气离子泵

ion-gettering pump

兼有电离及吸附两种抽气作用的真空泵。钛升华泵是利用化学吸附来排除活性气体的，惰性气体因化学性能稳定不易被化学吸附。当在钛升华泵中加进一电离机构使气体电离，则在电场的加速下，气体分子可以获得比其热运动平均能量大得多的能量，因而即使是惰性气体，如果它们的离子的能量很大，将可直接打入钛膜晶格点阵中被吸附。如果它们的能量较大，则会吸附在钛膜上，并被新来的钛蒸发膜覆盖而埋葬；如果能量较小，也会在钛膜上停留一定时间，然后离开钛膜重新回到空间。但在这段时间内，如果有钛膜蒸发覆盖在它表面，则也将被埋葬而被“永久”地排除。能量愈大停留的时间就愈长，被“永久”排除的可能性就愈大。另外，即使分子没电离，但由于电离机构所发射的电子逼近气体分子时，将迫使分子外层轨道上的电子跃迁到更高能级上，成为不稳定的亚稳状态，当其到达钛膜上，就会更容易产生化学吸附。

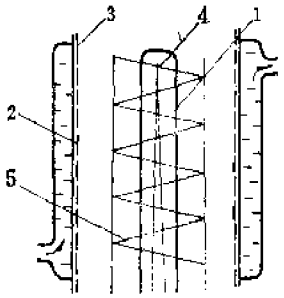
钛膜不仅可以象升华泵中用加热蒸发的方法产生，也可用溅射方法产生，因而又有蒸发离子泵和溅射离子泵之分。

蒸发离子泵

evaporator ion pump

属吸气离子泵之一种，是在钛蒸发泵中加进一电离机构而成的。它既能排除活性气体，也能排除惰性气体。同时由于电离机构的存在，其抽速大为增加（百万升/秒）。工作压强范围一般为 10^{-8}～10^{-10}毛。启动压强通常为 10^{-3}毛。

蒸发离子泵的原理如图所示，其工作过程如下。给π型钛蒸发器1通电加热，钛即蒸发并沉积在水冷却泵壁2上，形成钛膜3，它对活性气体进行化学吸附。灯丝4经通电加热，遂发射电子，电子受栅极5加速并穿过其空隙而到达栅极-收集极（泵壳）的拒斥场空间。在这里电子逐步减速到零，然后返转，形成围绕着栅极作多次往返的振荡运动，并在振荡过程中与气体分子相碰撞，使气体分子电离或激发。这样，即使是惰性气体也可被排除。

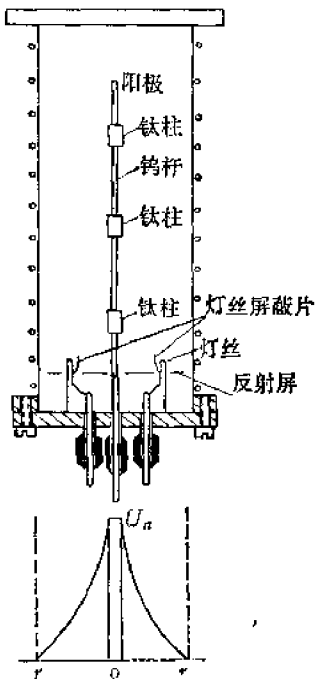


蒸发离子泵工作原理示意图

弹道式钛泵

orbitron titanium pump

属吸气离子泵之一种，又称径向静电场式钛泵，其结构如图所示。它由接地的圆形



弹道式钛泵结构示意图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

泵壳（作收集极，由不锈钢制成）、位于其轴线上的阳极（在钨杆上支持着数根钛柱）和灯丝（其电位比地高）组成。在阳极加上直流高压时，泵内形成一径向静电场，其电位沿半径方向的变化遵从对数规律（见图）。从灯丝发射出来的电子入射到这个静电场中，连续地作圆周运动，并沿着泵轴螺旋前进或沿其他特定的轨道运动。由于电子运动的距离很长，因而可以电离较多的气体，最后电子打到阳极上，轰击阳极钛柱使其加热蒸发。蒸发出的钛原子沉积在水冷或液氮冷却的泵壳内壁上形成吸气薄膜。活性气体被新鲜钛膜吸附，惰性气体则以离子的形式打入钛膜内被排除。泵中的反射屏用以防止电子直接飞到阳极上。

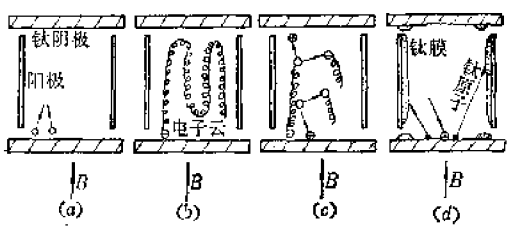
该泵的极限真空度可达 10^{-12} 毛，工作压强范围为 10^{-4}～10^{-11}毛，容量为 数升/秒到万升/秒。

溅射离子泵

sputter ion pump

属吸气离子泵之一种，其型式颇多，基本型是二极式。它由圆筒阳极和在其两端的两个相对的钛阴极组成。沿阳极筒轴向加一磁场（如图）。

在低压强情况下，给阴、阳极间加一数千伏的直流电压，则由于冷阴极的场致发射及其他原因（如宇宙射线引起的光电发射、二次发射等），泵内将产生少量的电子（图 a）。这些电子在交叉电磁场作用下，沿螺旋形轨道迂回地向阳极运动。由于磁场的约束，这些电子一般不会落到阳极上，而是贴近阳极筒形成旋转的电子云（图 b），其旋转的路程相当长，在旋转途中易与气体分子碰撞，产生出离子和繁流二次电子（图 c）。该电子也被束缚在磁场内，参加电离过程。离子在阳、阴极电场作用下，飞向并轰击钛板阴极，使钛溅射并打出二次电子。该二次电子仍被电磁场作用而参加到电子云里，因此放电可维持到很低的压强（因不断有繁流二次电子和二次电子补充跑到阳极上而损失的旋转电子）。溅射出的钛原子，不断沉积在阳极内壁和阴极板上（图 d）。活性气体分子与新鲜的钛膜发生反应，进行化学吸附，同时又被不断溅射来的新鲜钛膜所埋葬。惰性气体分子一旦被电离，其离子便很快打进阴极表面溅射不激烈的部分（对应于阳极圆筒的边缘部分）以及沉积在阳极表面的钛层内被埋葬。轻的气体，如氢，则以离子或仍以中性分子状态射到阴极上，形成氢化钛，并扩散于阴极内。



溅射离子泵工作原理图

该泵具有使用简单、可靠、无油、无噪声、无热、无水、耗电少等优点。但对氩存有抽气不稳定现象（原先被埋的氩又被后来的离子轰击出）。由于氩离子是在阴极被埋葬排除的，所以可改进阴极本身的结构，使溅射速率增大，从而增大对氩的抽速来解决。由此，出现了许多改进式结构，如二极型（开槽阴极型、非对称阴极型、磁控管型）、三极型（单电压、双电压三极型）和复合型（溅射离子泵-升华泵的组合）等。

溅射离子泵的极限真空一般为 10^{-11}毛，工作压强范围为10^{-2}～10^{-11}毛，抽速达数升/秒至数万升/秒。

复合式钛泵

compound titanium pump

该泵由溅射离子抽气单元和钛升华器复合而成，兼有抽速大和极限真空高之特点。离子抽气单元通常为对惰性气体（氦、氩等）

有较高抽速的三级型或改进式二级型单元。钛升华器为电阻加热式，并带有水冷或液氮冷却板。

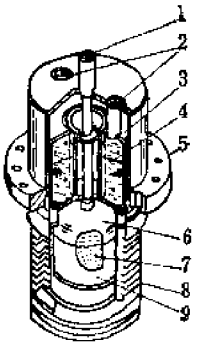
冷凝泵

cryopump

属低温泵的一种，是利用温度极低的表面将被抽气体冷凝而获得无油真空的真空泵。

冷凝泵的工作压强范围一般为 10^{-3}～10^{-10}毛，极限真空度可达 10^{-15}毛，启动压强为10^{-8}毛，抽速可达百万升/秒至数百万升/秒。

冷凝泵的一种结构如图所示。



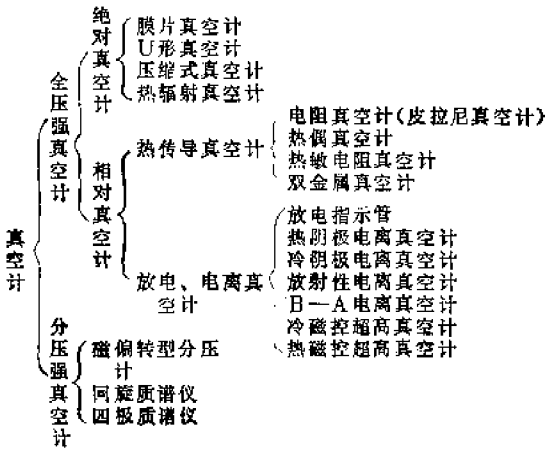
冷凝泵

1—液氦注入口；2—液氮注入口；3—液氮冷凝阱；4—液氦；5—超高真空阀；6—液氦冷凝阱；7—液氦；8—液氮冷凝套；9—冷凝面（超低温面）。

真空计

vacuum gauge

测量真空度的仪器叫真空计。它由测量装置和电传感元件（真空规）组成。由于真空度是表示处于真空状态下气体稀薄程度的量，而气体的稀薄程度在容积、温度一定时可用气体压强的大小来表示，所以凡能直接测量出气体压强及与气体压强有关的特性的原理均可用来制造真空计。目前，常用真空计的分类如上表。



全压强真空计

total pressure vacuum gauge

是测量气体总压强的真空计。

绝对真空计

absolute vacuum gauge

所测压强值与气体种类、性质无关，而是通过测得真空计本身所固有的物理参数及其基本物理量求得的。因此，这类真空计可以直接测量出气体的压强，并常作为相对真空计的校准标准。例如压缩式真空计，即是根据它的几何尺寸和水银柱的高度差直接算出所测压强值的。所谓相对真空计是利用与气体压强有关的特性制作的。它不能直接测量出气体压强的高低，必须用绝对真空计进行校准。例如，电离真空计是利用真空中的气体分子被电离产生的正离子电流与压强成正比的特性制成的；热传导真空计是利用一定范围内气体分子的热传导与压强的高低成比例的特性制成的。

相对真空计

relative vacuum gauge

见“绝对真空计”。

膜片真空计

diaphragm vacuum gauge

膜片真空计是基于下述原理制成的：在压强不同的气体间放一弹性薄膜，薄膜将因气体压强差产生相应的弹性变形，通过测量膜片变形的大小即可知气体压强的高低。测量膜片变形大小的方法有机械法、光学法、电气法等，其中以电气法灵敏度最高。其测量压强范围一般为 10^{3}～1 毛。

U型真空计

U-type vacuum gauge

利用二个自由液面的高度差来测量气体

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

压强的一种绝对真空计。通常多采用在U型管中注入水银或真空油等工作液，将U型管一端与真空系统相连，另一端或与大气相通（称为开式U型计），或事先经烘烤去气在抽成真空后与大气隔绝（称为闭式U型计）。这种真空计常用于测量粗真空或指示真空设备的工作状况。

压缩式真空计

compression type vacuum gauge

根据一定温度下的气体压强与体积成反比的原理，用水银或油将一定容积内的被测压强气体，压缩到已知容积中，通过测量这时的液面差，计算求得气体压强。它是一种绝对真空计，也称麦克劳真空计或麦氏计。其类型很多，分立式、坐式、旋转式等种。测量范围一般为 $1\sim10^{-5}$毛。它常用于作精确测量和校准。

热辐射真空计

thermal radiation vacuum gauge

借助于维持不同温度和间距小于气体分子平均自由程的两个平面间的分子动量转移率，来测量压强的真空计。其灵敏度与被测气体的种类基本无关，故可近似作为绝对真空计使用。它没有工作液和热阴极，不会产生有害气体和蒸汽，也不怕活性蒸汽的浸蚀。测量范围为 $10^{-1}\sim10^{-8}$毛。

热传导真空计

thermal conductivity vacuum gauge

热传导真空计的工作原理是：在玻璃管中封上一根电阻温度系数高的金属丝（钨丝或铂丝等），将玻璃管开口端接于真空系统，当抽真空后给金属丝（又称热丝）通电加热，由于气体分子的热传导作用，打到热丝表面的气体分子将带着与热丝相同的温度反射到玻壳（玻壳基本上处于室温），并将其热能传给玻壳。气体分子带走热丝热量的多少决定于与热丝碰撞的气体分子数，而后者与气体压强有关。压强愈高气体分子数愈多，带走热丝的热量就愈多，热丝温度也就愈低。反之则高。因此，热丝温度的变化反应了压强的变化，只要测出热丝温度的变化，就可得知气体压强的变化。

测量热丝温度变化的方法很多，其中有直接用热偶丝测量的，叫热偶真空计。也有测量热丝温度变化所引起的电阻值的变化的，叫电阻真空计或皮拉尼真空计。还有用热敏电阻元件和双金属作发热体的，分别叫热敏电阻真空计和双金属真空计。

热传导真空计的灵敏度随气体种类而异。它不能直接测量压强，需用绝对真空计校准。

电阻真空计

resistance vacuum gauge

见“热传导真空计”。

热偶真空计

thermocouple vacuum gauge

见“热传导真空计”。

热敏电阻真空计

thermistor vacuum gauge

见“热传导真空计”。

双金属真空计

bimetallic vacuum gauge

见“热传导真空计”。

放电指示管

discharge tube

利用高电压下气体放电的颜色和形状与气体压强有关之特性来粗略估计真空度的仪器。

电离真空计

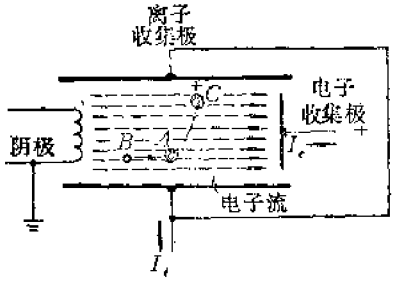
ionization gauge

使气体分子电离，产生正离子，该正离子数与气体的密度成正比，而在温度一定时就与气体压强成正比。因此，测出离子电流的大小，就可知道压强的数值。电离真空计即是基于这个原理制成的。

使气体电离的方法很多，例如可用热阴

极发射的电子，在获得一定能量后与气体分子相碰撞使气体电离；也可用冷阴极产生的场致发射电子和二次发射电子来电离气体；还可用放射线电离气体等。根据这些使气体电离的不同方法，电离真空计分热阴极电离真空计、冷阴极电离真空计和放射性电离真空计等。

热阴极电离真空计（见图）的工作过程



电离真空计工作原理图

如下：从阴极发射出的电子 B，在栅极电压的加速下将飞向阳极（电子收集极），在飞行过程中与残余气体分子 A 碰撞，使气体分子电离产生出正离子 C。离子电流 I_i 和阴极发射电流 I_e 及气体压强 P 之间有 $I_i=kPI_e$ 之关系（k 系取决于气体种类、管子结构、各电极电压的常数）。因此，如果将发射电流保持于某一数值，且已知 k，则测出离子流的大小即可算出压强值。热阴极电离真空计的测量上限一般为 1×10^{-3} 毛（压强再高，热阴极易烧毁），下限一般为 10^{-8} 毛（压强再低，因软X射线引起的光电流掩盖了离子流，将使电离真空计失去测量能力）。

热阴极电离真空计

hot cathode ionization gauge

见“电离真空计”。

冷阴极电离真空计

cold cathode ionization gauge

见“电离真空计”。

放射性电离真空计

radioactive ionization gauge

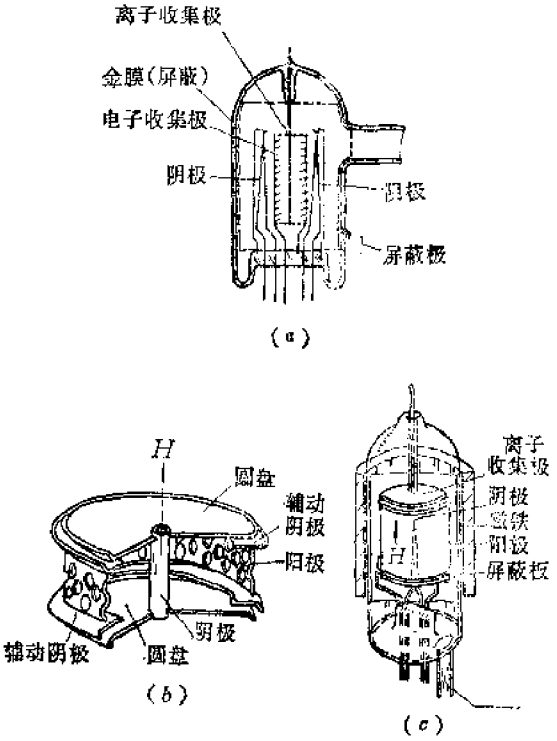
见“电离真空计”。

超高真空计

ultra-high vacuum gauge

用于测量低于 10^{-8} 毛压强的真空计。

普通的热阴极电离真空计在测量 10^{-8} 毛以上的真空度时，由于高速电子打到栅极上产生的软X射线引起离子收集极发射的光电流与 10^{-8} 毛压强下的离子电流值大小一样、方向相同，但与压强无关。这就使热阴极电离真空计失去测量能力。为了测出 10^{-8} 毛以上的真空度，必须减小或避免软X射线的影响。例如，可设法缩小电离真空计的收集极面积，以减少其接受的软X射线，从而减小光电发射的光电流来扩大真空计的测量下限。B-A电离真空计就是如此，其规管结构如图 a 所示，所接受的软X射线大约是普通



超高真空计规管

的热阴极电离真空计的千分之一。并且由于它的电极配置合理，因之所形成的电位分布更有利于电子的电离，使真空计的灵敏度并不因收集极面积的减小而下降太多。B-A电离真空计的测量下限可达 10^{-11} 毛。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

此外，还有不采用热阴极发射的电子来电离气体，而采用与压强有关的气体放电来电离气体，从而避免了软X射线对测量下限的影响。冷磁控超高真空计就是这样的。其规管的一种结构如图 *b* 所示。阳极系一圆筒（上有许多孔，以增大通导能力），阴极（离子收集极）为一轴向小圆柱体，其两端焊有圆盘，并附有表面极光洁的圆环形辅助阴极，以屏蔽强大的阳极电场（3千伏）对阴极边缘的影响和减少场致发射。上述电极系统安装在一玻管内（内壁涂有导电薄膜并与辅助阴极相连，以作静电屏蔽）。轴向磁场强度H为1000奥斯特。由宇宙射线或其他因素造成的少量自由电子，受阳极电场作用在向阳极运动过程中与气体分子碰撞而电离，电离产生的正离子以很高能量轰击阴极，造成二次电子发射。二次电子在飞向阳极过程中又使气体电离，如此不断发展，形成自持放电。并由于磁场的控制，电子的运动轨迹在垂直于阴极轴的平面上的投影为一圆滚线的弧，从而大大增长了电子的行程，使得在很低的压强下仍能维持放电。这种真空计的测量范围为1×10^{-5}～5×10^{-14}毛。

另外，有一种热磁控超高真空计，其规管结构如图 *c* 所示。它兼有热阴极电离真空计和冷磁控真空计的特点：由于有一强轴向磁场，从热阴极发射出的电子将沿螺旋轨道经历很长的距离才到达阳极，因而与气体分子的碰撞机会增多，灵敏度大为增高，从而能以小的阴极发射电流电离出足够的离子流，并使软X射线的影响大大减小。这种真空计可测量到10^{-14}毛数量级。

B-A 电离真空计

B-A(Bayard-Alpert) ionization gauge

见“超高真空计”。

冷磁控超高真空计

cold cathode type magnetron gauge

见“超高真空计”。

热磁控超高真空计

hot cathode type magnetron gauge

见“超高真空计”。

分压强真空计

partial pressure vacuum gauge

测量真空中某种特定气体的压强值或分析残余气体的种类和比例的仪器，又称气体分析仪。目前，分压强真空计基本上都是将气体分子电离，然后用电或磁的方法将它们按质量进行分离来测量或分析。它的种类很多，常用的有磁偏转式分压计、回旋型质谱仪、四极质谱仪等。

气体分析仪

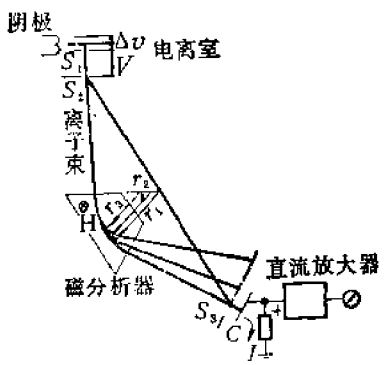
gas analyzer

见“分压强真空计”。

磁偏转型分压计

magnetic deflection partial pressure gauge

一种测量气体分压强的真空计。如图所示，在电离室电子束将气体分子电离，离子经电压V（伏）加速后进入磁分析器，由于正交磁场H的作用，离子将作圆周运动，其轨道半径$r=\frac{144}{H}\sqrt{MV}$。因此，质量M不同的离子，其圆周运动的半径r也不同，对应于某一H和V值，只有某一质量的气体离子通过中心孔S到达离子收集极C，所以，测得离子收集极上的离子电流仅是该气体的离子流，从而可知该气体的分压强。

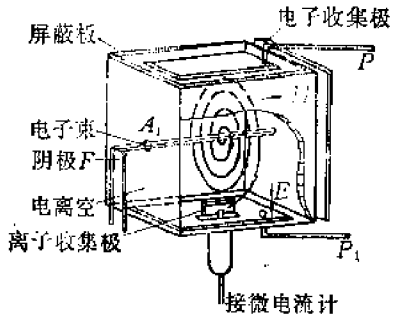


磁偏转型分压计原理图

回旋质谱仪

omegatron type mass-spectrometer

一种测量气体分压强的真空计。其结构如图所示，质量分析器为方形箱，上下二电极P、P_1加高频电场，形成正交的电磁场。阴极F发射的电子经静电场加速后通过小孔A_1进入方形箱内，与气体分子碰撞使之电离。离子在磁场作用下作圆周运动，运动一周后又回到原处，所需时间$T=\frac{2\pi M}{eH}$，即离子的回旋频率$f=\frac{1}{T}=\frac{eH}{2\pi M}$。如果选择高频电场的频率和某离子的回旋频率相同，则该离子在高频电场加速下旋转一周，高频电场相位正好改变360度（这种关系称为同步）。这样，该离子将不断得到高频电场的加速，一面旋转一面加大轨道半径（见图），最后到达离子收集极被检测出。其



回旋质谱仪原理图

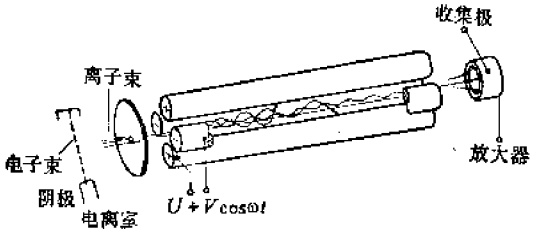
它非同步种类的离子，由于没与高频场同步，不能得到加速而被限制在小箱内，无法到达收集极。因此在磁场H不变时，测出高频场的频率即可计算出离子的质量，从而可知一定质量气体的分压强。

这种分压计体积小，结构简单，同时由于电离室和分析室合为一体，用少量的电子流即可解决问题，因此灵敏度高，并且电子流对被测气体的影响也小。

四极质谱仪

quadrupole mass-spectrometer

一种性能良好的高频质谱仪，可用作分压强真空计。它不用磁场，而是在玻璃或不锈钢制的分析室中放上四根圆截面的不锈钢棒，组成四极电极，如图所示。其上加有迭



四极质谱仪原理图

加的直流和交流电压$U+V\cos\omega t$，形成双曲线电场。在电离室，气体被阴极发射的电子电离，离子进入四极场中。当U和V之比为某一临界值时，某种离子将绕中心轴作稳定的振荡运动，到达收集极。其他离子，因不能作稳定的振荡运动，振幅将逐渐增大而碰到四极电极上，被“吸收”或“过滤”掉，因此实现了质量分离。通过改变V和U或ω，即可得到质谱。

四极质谱仪结构简单、没有磁铁、有良好的分辨率和灵敏度、能用电参数进行调节、测量压强范围宽（10^{-3}～10^{-10}毛）、反应速度快，是一种较理想的气体分析仪。但它的电源复杂，四极电极的加工精度和装配精度要求较高。

高频火花检漏仪

high-frequency spark leak detector

一种检验玻璃真空系统漏气和真空度的仪器。用高频放电线圈产生的电火花在靠近玻璃系统时，一遇到漏气处，电火花便穿过漏孔进入真空系统内，形成一很亮的点，从而可借以找出漏孔的位置。

这种检漏仪还可用来粗测低真空。当电火花接近玻璃真空系统时，在系统内激起的气体放电颜色随真空度不同而异。例如，在10～10^{-2}毛时大体为紫色；在10^{-2}～10^{-3}毛时为微蓝色；在10^{-3}毛以上无辉光。

差压检漏仪

differential leak detector

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

用两只相同的电阻真空计规管作惠斯登电桥的两个臂，将两臂同时接到被检漏的系统上。在系统和其中一个臂之间装一冷凝阱。当漏孔漏入系统的可凝性示漏气体时，一端因设置冷凝阱示漏气体被冷凝，致使两个规管处于不同的压强，引起电桥的不平衡。利用这一原理检定出漏孔的仪器称为差压检漏仪。

卤素检漏仪

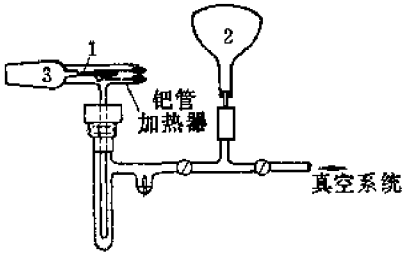
halogen leak detector

在大气或真空中加热铂丝，铂丝将发射正离子（主要是碱金属离子）。如果灼热的铂丝遇到卤素化合物（氟里昂 12、四氯化碳、碘化乙烷、氯仿等）蒸气，则铂丝发射的正离子流将急剧增加。因此，将铂丝接入真空系统，用卤素物质蒸气喷射系统外部，借真空检漏法即可找出是否有漏气或用探头检漏法，这时将卤素化合物的蒸气充入真空系统中，借装有铂丝的探头捕集从漏孔漏出的卤素蒸气，它引起铂电极发射的正离子流急剧增加，从而找出漏孔。利用这种原理而制成的仪器称为卤素检漏仪。

氢钯检漏仪

palladium barrier leak detector

利用加热至约 800℃的钯金属对氢气有较其它气体更易通过的特性而找出漏孔的检漏仪（见图）。将钯管 1 接于真空系统上，被检容器 2 与事先已抽至高真空的电离真空计规管 3 断开。在检漏时，接通容器与规管，用氢气喷射被检容器。若容器有漏孔，氢气便进入被检容器，并穿过被加热的钯管壁而进入电离真空计，引起真空计指示下降，因而找出漏孔。



氢钯检漏仪

氦质谱检漏仪

helium mass spectrometer leak detector

用氦气作示漏气体，以气体分析仪检测氦气而进行检漏的质谱仪。氦气的本底噪声低，分子量及粘滞系数小，因而易通过漏孔并易扩散；另外，氦系惰性气体，不腐蚀设备，故常用氦作示漏气体。将这种气体喷到接有气体分析仪（调整到仅对氦起反应的工作状态）的被检容器上，若容器有漏孔，则分析仪即有所反应，从而可知漏孔所在及漏气量大小。

真空系统

vacuum system

由各种真空元件（泵、阀、导管、容器等）组合而成，用以获得一定的真空度并满足特定的工艺要求的装置。

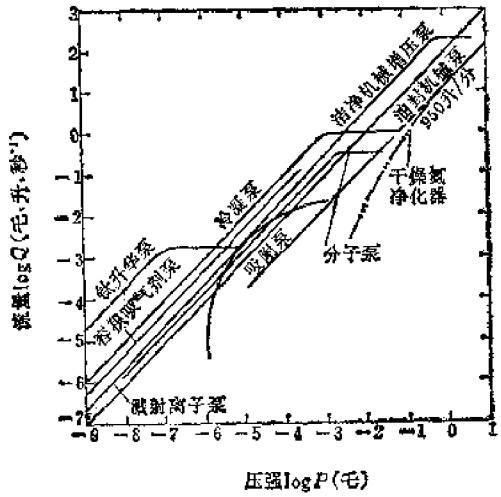
真空系统的分类方法很多。根据它的工作状态可分为静态真空系统和动态真空系统二大类；按系统所能达到的真空度可分为低真空系统、高真空系统、超高真空系统及极高真空系统；按系统的结构材料可分为玻璃系统、金属系统及玻璃-金属混合系统；按真空的清洁情况又可分为有油真空系统（带有油扩散泵、油封机械泵，因其油蒸汽的返流而使被抽容器遭油蒸汽污染）和无油真空系统。

无油真空系统

oil-free vacuum system

指无油蒸汽污染的真空系统。凡用下图所示各种泵组成的真空系统均可获得无油真空。使用油封机械泵时应限定其工作压强范围，即真空度不应超过 0.1 毛。此压强值一般系在油封机械泵进气口上端附加一干燥氮净化器来维持。

无油高真空或超高真空系统由采取上述



各种泵的工作压强和流量关系图

措施的油封机械泵或吸附泵（作前级泵，在大气压下开始工作）和根据所需真空度及抽速选定的其它无油泵组成。但由于采取上述措施的油封机械泵在实际使用中不方便，而吸附泵要采用液态氮冷却，因此现在工业上常是在油封机械泵进气口处加一分子筛吸附阱来吸附油蒸汽，或加一离子阱，使返流的油蒸汽电离，以达到即使有油蒸汽的污染，但很微，不致对实际工作产生影响。这种系统有时也称为半无油真空系统。

半无油真空系统

semioilfree vacuum system

见“无油真空系统”。

主泵

main pump

保证真空设备起主导排气作用的泵。

前级泵

fore pump

在真空系统中为另一台真空泵提供前级真空的泵。

增压泵

booster pump

真空系统中用以增加其自身的前级泵的进口压强和降低其后一台泵的出口压强，从而使系统得到最大的排气量的机械真空泵或蒸汽流泵。

预抽泵

pre-pump

把被抽容器或被抽泵抽到被抽泵可开始有效工作的压强的真空泵。

维持泵

holding pump

真空系统中，当主泵开始工作后，气体量逐渐减小。这时，可使大型的预抽泵停止而用一较小的泵来维持主泵的正常运转，此小型泵称为维持泵。

主泵和系统之间的阀门关闭时，用以保持主泵工作状态的小型泵亦称维持泵。

机械阱

mechanical baffle

为阻挡泵返流的蒸汽分子进入真空工作室，而在蒸汽流泵的泵口上安装的不同结构的壁、板等组件。

冷凝阱

cryo-trap

凡进行强制冷却的机械阱或用低温冷剂来冷凝系统中的各种蒸汽的冷凝装置，均称冷凝阱。

吸附阱

sorption trap

在真空系统中利用吸附剂的吸附作用来降低气体分压强的装置。

真空胶管

hose

一种特殊的不透气的厚壁橡胶管。常用作直接和机械真空泵连接的前级管路。

真空阀

vacuum valve

真空系统中用以调节气流流量或切断气流的元件。

充气阀

air-inlet valve

把大气引入真空系统或用以向真空系统

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

充入其它气体的真空阀。

针阀

needle valve

用来微量调节气流流量的真空阀。它的结构特点是具有针形的阀瓣和阀座。

前级管路

fore-line

主泵与前级泵之间的连接管路。

预抽管路

roughing pipe

预抽泵与被抽容器直接连接的管路。

储气罐

reservoir

位于前级管路阀和蒸汽流泵之间的容器。用以平衡真空系统中压强的波动，或当前级泵临时停止工作时，储存蒸汽流泵排出的微量气体。

密封圈

sealing washer

用作保证真空系统或元件连接处气密性的垫圈。

真空设备

vacuum equipment

用以在真空中完成某种工艺过程的设备。如真空电阻炉、排气台、真空镀膜设备、电子束加工机等均系真空设备。

二、电子束、离子束、激光加工设备

电子束加工设备

electron beam process equipment

电子束是一种具有一定速度和方向的束状电子流。这种电子一般是由处于真空中的阴极发射出来的，它像光线那样，能被聚焦和偏转，并且在高电压的加速下具有很大的动能。当这种高能量电子束打到被加工物表面上时，电子将停留在表面薄层上，并将其99%以上的动能转变成热能。电子束加工设备即是利用电子束的这种特性来进行切割、打孔、焊接、熔炼、蒸发、掺杂等一类的设备。另外，利用低能量电子束对某些物质的化学作用，以进行镀膜、曝光等加工设备，也属电子束加工设备。

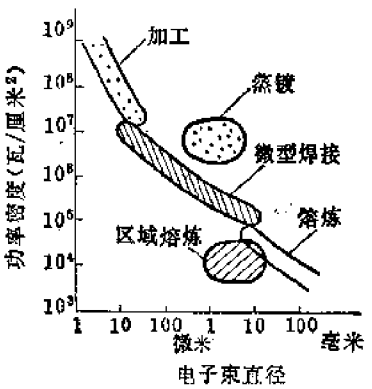
实际上，这类设备是将电子束作为一种特殊的加工工具来使用的，其优点有：

1. 能量高度集中：电子束能用电磁透镜聚焦成微细束，功率密度相当高（可达10^9瓦/厘米^2），即使是高熔点、微小尺寸的材料也可加工，给超小型元件或分子器件等微细加工提供了方便。

2. 污染少：一般系在真空中加工，即使易与大气起反应的材料也不会产生氧化等污染弊病。

3. 加工温度易控制：借控制电子束的电压和电流值可改变其功率密度，加工温度范围相当宽，既可作高能电子束的热加工，也可作低能电子束的冷加工；通过电气控制使电子束作瞬时通、断，可进行骤热骤冷操作，这对某些需作特殊热处理的材料（如合金薄膜）或器件（如隧道二极管）等提供了方便。

4. 加工精度高：电子束可作骤冷骤热操作（脉冲状加工），故对非加工部分的热影响极小，提高了加工精度；电子束对被加工面的压力很小，不会使加工面产生应变和变



不同的加工对电子束的直径与功率密度的要求

形，即使是脆性材料（如陶瓷、宝石等）也可以加工；通过电气能精确控制加工位置。

电子束加工也有缺点，如一般系在真空中加工，给工作带来不便；高能电子束产生的X射线对人体有害，应予防护。

目前，电子束加工设备有：

- 热加工
 - 电子束加工机（打孔、切割）
 - 电子束焊接机
 - 高真空电子束焊接机
 - 低真空电子束焊接机
 - 大气电子束焊接机
 - 电子束熔炼炉
 - 电子束区域熔炼炉
 - 电子束镀膜设备
 - 电子束掺杂设备
- 冷加工
 - 电子束曝光机
 - 电子束化学反应镀膜设备

不同的加工，对电子束斑点的直径和功率密度的要求不同，如图所示。

离子束加工设备

ion beam process equipment

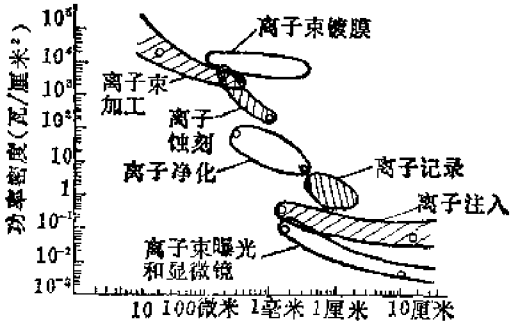
离子束是一种带电原子或分子的束状流。它具有与电子束相似的特性。如能被电磁透镜聚焦成细束；在高电压加速下具有很大的动能；能被电场或磁场偏转等。并且，从加工角度说，更有优于电子束的特性：

（1）在同一加速电压下，离子束的波长更短，如电子为0.053埃，离子则小于0.001埃，因此散射小，加工精度高。

（2）离子的质量远比电子的大，转换给物质的能量多，穿透深度较电子束的小，反向散射能量损失少。因此完成同样加工，离子束所需能量比电子束的小，主要是无热过程（电子束加工主要是一种热过程），如切割铁板或在其上打孔时，电子束需功率密度为10^{8}瓦/厘米^2，离子束仅需10^{0}瓦/厘米^2。

（3）对物质的压力比电子束的大，且热效应较电子束的小，可以用于微量加工，特别是用于绝缘体或半导体加工。

离子束加工设备即是利用离子束的上述特性进行注入、打孔、切割、镀膜、蚀刻、净化、曝光等一类的设备。不同的加工对离子束的直径和功率密度的要求如图所示。



不同的加工对离子束的直径和功率密度的要求

激光加工设备

laser process equipment

激光是一种颜色很纯、能量高度集中、方向性很好的光。它是在原子、分子体系内，通过受激辐射使光放大产生的。

用光学透镜聚焦阳光能烧焦纸。同样，用光学透镜将较太阳光更为平行、输出功率更大（约为太阳光能的数十万倍）的激光聚焦成细小光点照射到被加工物上，被照射处将吸收激光的能量而被加热、熔融或蒸发。激光加工设备即是利用激光的这种作用原理来进行打孔、切割、焊接、蒸发、光刻、曝光、掺杂、扩散等加工一类的设备。

激光加工设备的优点有：

（1）无需真空，设备简单。

（2）激光系脉冲光，输出功率大，加工效率高（除焊接外）。

（3）激光对工件的穿透深度小，宜作表面加工。

（4）对绝缘物也易加工（优于电子束、离子束加工）。

它的缺点有：

（1）不易加工透明物质。

（2）尚不易控制激光束的偏转。

（3）聚焦光斑较大（10^{-4}平方厘米）。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

三、真空镀膜设备

真空镀膜设备

vacuum coating equipment

在真空中用蒸发、溅射等方法将蒸发材料沉淀于工件上形成均匀牢固的薄膜来完成镀膜工艺的设备。它一般由镀膜工作室、真空系统、蒸发源、基片等组成。根据需要还附加有挡板、膜厚测试装置、掩模版、基片加热器、基片移动机构、送料装置、真空计及气体分析仪等。

按工作原理，真空镀膜设备可分：真空蒸镀设备；溅射设备；离子镀膜设备；电子束化学反应镀膜设备。按操作方式，真空镀膜设备又可分为间歇式、半连续式和连续式三种。在连续式设备中，镀膜材料和基片均依次从大气送往镀膜室，待基片获得薄膜后又送往大气并取出。在间歇式设备中基片获得薄膜后，需破坏真空，送入新的基片（有时尚需更换镀膜材料），待真空度重新抽到工作数值后再给基片镀膜。

真空镀膜

vacuum coating

在半导体器件和集成电路中，需要应用多种金属薄膜和介质薄膜，以作内引线、欧姆接触和介质绝缘层等。所谓真空镀膜，就是在真空容器中，通过一定方法使基片表面获得上述物质薄膜。

目前，真空镀膜的主要方法有：真空蒸镀；溅射；离子镀膜；电子束化学反应镀膜。

真空蒸镀

vacuum vapor plating

真空蒸镀就是在真空中将物质加热蒸发或升华，使其沉积于基片上而获得薄膜。实际上真空蒸镀包括真空蒸发和沉积两个过程。在真空中蒸发是为了提高蒸发效率和避免残余气体影响蒸发物的性质（如氧化等）。有时为了特殊需要还向镀膜室中通入特定的气体，使之边起反应边进行蒸镀。

真空蒸镀法已广泛用在工业上，在电子工业中常被用来制造电子元件和电路，其优点是：

（1）无需选择基片。

（2）对金属、非金属均可蒸镀。

（3）膜层薄、均匀、紧密。

（4）借助掩模可以获得相当准确的薄膜图形。

按照加热方法，真空蒸镀可分：电阻加热蒸镀；电子束蒸镀；高频感应加热蒸镀；电弧放电蒸镀；激光加热蒸镀。

真空蒸发

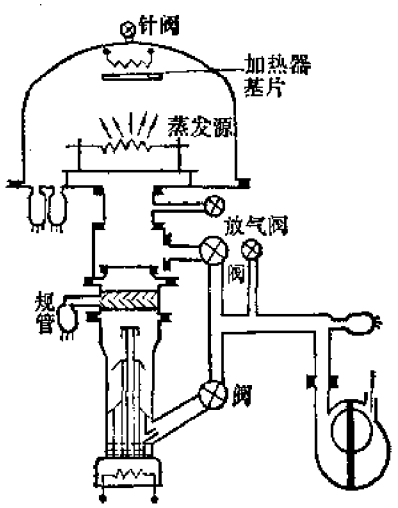
vacuum evaporation

见“真空蒸镀”。

电阻加热蒸镀设备

resistance heating coating equipment

将欲蒸镀的材料直接或间接（如材料放入坩埚中）放入钨、钼、钽等高融点金属丝（或板）制成的线圈形或舟形加热器中，通过给加热器通电加热使材料蒸发（或升华）、沉积于基片上以获得薄膜。



电阻加热蒸镀设备示意图

电阻加热蒸镀方法简单，但对高融点材料蒸镀较难，不便蒸镀易与加热器和坩埚起反应的材料。另外，加热器材料的蒸发会污染薄膜。

电阻加热蒸镀设备如图所示。

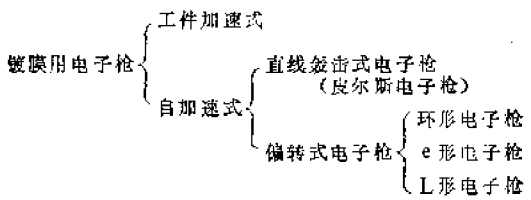
电子束蒸镀设备

electron beam coating equipment

将欲蒸镀的材料放入水冷坩埚中，用高能电子束直接轰击使之加热蒸发而沉积于基片上得到所需薄膜的设备。

电子束在高真空中是一种稳定的物质流，用电子束作蒸发热源可获得极大的功率密度，因而能蒸发高熔点物质（金属和绝缘物）。另外，蒸发速度快，可使用水冷却铜坩埚，因此不会产生污染及放气之弊病，利于制取纯净薄膜。

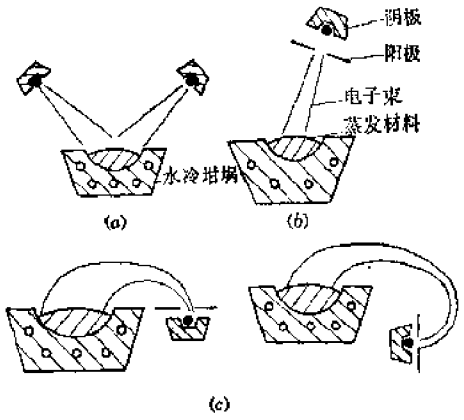
电子束由电子枪产生。电子枪一般由电子束源（阴极、阳极）和蒸发源（坩埚）组成。按阴极、阳极及坩埚间所加电压方法的不同，镀膜用电子枪可作如下分类：



工件加速式电子枪（图 *a*）由水冷坩埚和位于其近旁的阴极组成。阴极处于负电位，它被加热发射出的电子，在蒸发材料所加正高电压的加速下，轰击蒸发材料，使之加热蒸发；或在阴极和坩埚之间另加一用作聚焦的阳极（该阳极系由带孔的板制成，处于正电位），以使阴极发射出的电子先聚焦成束状，再轰击蒸发材料。由于要在蒸发材料上加正电压，因此这种电子枪只能蒸发导电材料。另借蒸发材料和阴极之间的电位差来加速电子，电子束源和蒸发源必须靠近，结果往往会使蒸发材料蒸镀到电子束源上，带来弊病，所以现多用自加速式电子枪进行蒸镀。

自加速式电子枪的阳极和蒸发源一般处于同电位，即电子束源和蒸发源的电位是相互独立的。当电子通过阳极时，除被聚焦成束状外，还同时加速到很高的速度而轰击蒸发材料使之蒸发。因此克服了工件加速式电子枪的缺点。自加速式电子枪分直线轰击式和偏转轰击式二类。

直线轰击式电子枪的典型代表是皮尔斯电子枪（图 *b*）。电子通过阳极后一直沿直线方向轰击到蒸发材料上，使之加热蒸发。因此，它的电子束源必须位于能直接轰击到蒸发材料的位置上，或者说必须将电子束源置于蒸发材料的蒸发前进方向上。这样，蒸发材料要飞溅到阴极上。飞溅向阴极的蒸发物质将和阴极飞出的电子发生碰撞而电离成正离子。该正离子在阴极负电场的作用下轰击阴极，使其发生溅射，容易断裂。其次，电子枪的电子束源和欲蒸镀的基片一般处于同一方位，结果缩小了基片的放置空间或使基片不易旋转。另外，该电子枪需要高加速电压，产生的X射线对人体有害，应予防护。因此，直线加速式电子枪多被偏转式电子枪所取代。



各种电子枪的工作原理图

所谓偏转式电子枪是将通过阳极的电子束先转一方向再轰击到蒸发材料上，使之加热蒸发（图 *c*）。这样，由于阴极看不见蒸

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

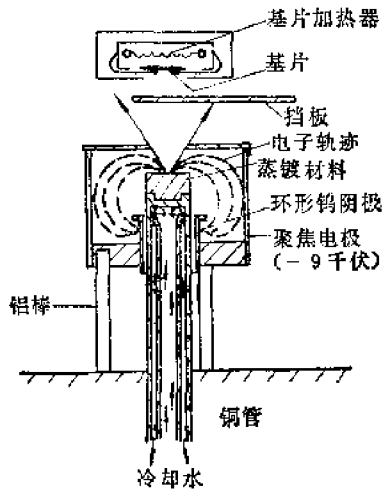
发源和基片，蒸发源也看不见阴极，即处于光学屏蔽，所以避免了阴极和蒸发源及基片间的相互污染，有利于制造高纯度薄膜。同时还不易产生放电，正离子也很难溅射阴极，增长了阴极的寿命。可用静电场，也可用磁场使电子束偏转。目前，电子束镀膜用的偏转式电子枪有环形枪、e形枪和L形枪等。

环形电子枪

ring-type electron gun

它是电子束镀膜设备中加热蒸发源的一种，由水冷无氧铜坩埚（同时又是阳极，接地电位）、聚焦电极（加负高压）和环形钨阴极构成(见图)。给阴极通电加热，遂发射电子，在阳极电压和聚焦电极电压作用下，电子沿如图所示的轨迹轰击坩埚中的材料，使之加热、蒸发。蒸发材料的蒸气沿直线飞向置于电子枪上方的基片上，使基片获得薄膜。由于电子是从环形阴极发射出来的，故称环形电子枪。

这种电子枪的优点是：结构简单；坩埚一直处于水冷状态，避免了坩埚材料的蒸发及反应所造成的污染；仅蒸发材料加热，减小了热辐射；弯曲的电子束减少了正离子对阴极的轰击，所以阴极寿命较长。



环形电子枪工作原理图

e形电子枪

e-type electron gun

它是电子束镀膜设备中加热蒸发源的一种，由钨阴极、聚焦电极、偏转磁铁及无氧铜水冷坩埚（又作阳极）组成。被蒸镀材料置于坩埚中，从阴极发射出的电子经加速、聚焦，受磁场偏转后轰击于材料上，使之加热蒸发。由于电子的运动轨迹近似呈e字形，故称e形电子枪。图为e形枪的一种结构，具有如下特点：

（1）功率大，达14千瓦（阴极：0～12伏，0～50安；加速电压：－4～－10千伏；电子束电流：0～1400毫安）。

（2）坩埚容量大（40毫升），因此能获得高的蒸发速度，如不加石墨衬底（有利于制取高纯度薄膜），直接将铝放入水冷坩埚中，在距离为25厘米时，用14千瓦功率蒸发，其速度为50000埃/分钟。

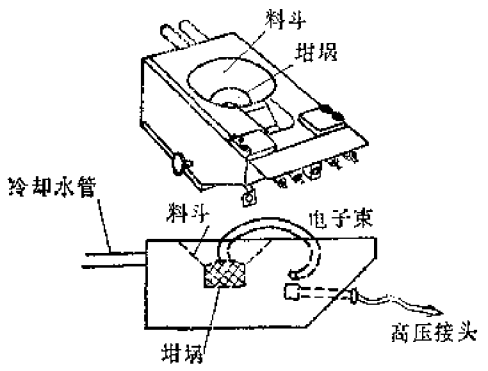
（3）电子束偏转角为270度，因此阴极寿命长、无污染，宜作连续蒸镀。

（4）电子束斑点大小可调。

（5）更换阴极简单方便。

（6）不要二次电子屏蔽罩。

（7）设有扫描线圈，可使电子束作X、Y方向扫描。



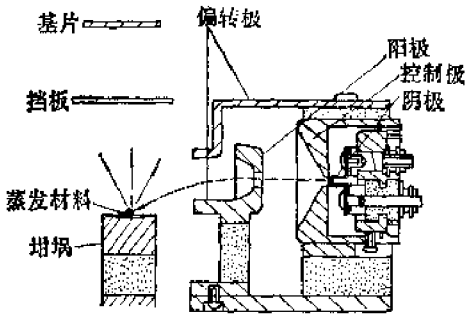
e形电子枪工作原理图

L形电子枪

L-type electron gun

它是电子束镀膜设备中加热蒸发源的一

种，由阴极、控制极、阳极及偏转电极构成（如图）。阴极用厚为 0.02 毫米、宽为 2.5 毫米的钨片制成，接地电位。上、下二偏转电极分别与阴极及阳极作机械固定，并与之保持同电位。阳极正电位为数 10 千伏。



L形电子枪工作原理图

工作原理：从阴极发射出的电子束经数 10 千伏的阳极电压加速后，被二偏转电极偏转成L形（故得名L形电子枪）轰击坩埚中的蒸发材料，使之加热蒸发。

这种设备的特点是：

（1）电子束的轰击位置可通过改变偏转电极的间距来调整。

（2）因下偏转电极和阳极同电位，所以即使加速电压有波动，也不会影响电子束的轰击位置。阳极电压可用半波整流正高压。

（3）电子枪的导流系数变化范围大，可通过改变阳极和阴极之间的距离作大幅度变化。

（4）阳极固定不动，阴极位置改变时，电子束的轰击位置不变。

（5）无散射电子影响，所制薄膜性能好（无龟裂、均匀）、面积大。

（6）因阴极接地，馈送高压简单。

高频感应加热蒸镀设备

high frequency induction heating coating equipment

将装有蒸镀材料的坩埚放入水冷螺旋铜管线圈的中央（不接触），在抽到一定真空度后，给线圈通以高频电流，则由于高频感应效应，材料得到加热而蒸发，蒸发的材料沉积在基片上形成薄膜。用这种方法进行蒸镀的设备称为高频感应加热蒸镀设备。

这种设备可蒸镀金属和非金属。蒸镀金属时是靠直接在金属材料中产生的感应电流得到加热的，因此坩埚不必是导电材料，也不需坩埚向金属材料导热，并可选用和蒸发材料反应极小的坩埚。蒸镀非金属时，是借坩埚中产生的热向材料导热蒸发的。

电弧放电蒸镀设备

arc discharge coating equipment

在真空中，把两个接在大电流电源上，且相互间有一定电压的电极接触在一起，然后分开一定的距离，它们之间就会产生电弧。电弧的产生是由于该两电极接触在一起时有强大的短路电流，该电流能把两电极的接触处加热到很高的温度而使之发射电子，当两电极离开以后，电子因受到电场的加速而使两电极间的空间得到电离，从而使两电极间的空间的导电性能大大提高，引起气体放电而成的。电弧本身具有极高的温度（5000 ℃以上），在这种温度下电极蒸发，把蒸发的电极材料沉积在基片上，就可得到该材料的薄膜，此即电弧放电蒸镀设备的原理。由于仅是电极本身材料的蒸发，故薄膜纯度较高。

激光加热蒸镀设备

laser heating coating equipment

将激光束聚焦到真空室中的蒸发材料上，使之加热蒸发或升华而沉积到基片上形成薄膜的设备。图中所示为二氧化碳激光蒸镀设备的一种结构：二氧化碳激光束 1 通过位于钟罩 2 侧旁的透镜 3 进入真空室 4，再由反射镜 5 反射、聚焦到装于坩埚 6 中的蒸发材料 7 上，蒸发材料即可蒸发或升华而沉积到基片 8 上。为了防止蒸发材料过多地沉积到反射镜上降低其反射率，在反射镜前面

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

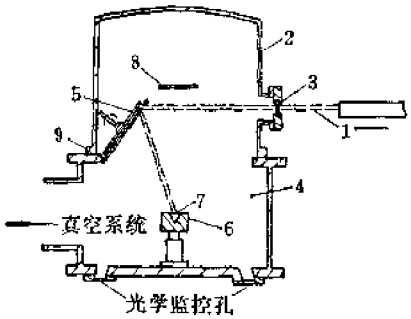
设有一屏蔽罩9，并使反射镜旋转。

这种设备的优点是：

（1）可蒸镀铂、铱、金等高熔点金属和二氧化硅等化合物。

（2）基片、坩埚不需加热，有利于制取纯净薄膜，有助于提高器件性能。

（3）基片不加热，仍能获得良好的结晶薄膜。



激光加热蒸镀设备示意图

溅射设备

sputtering equipment

用荷能粒子（通常为气体正离子）轰击靶材，而使靶材某些表面原子从中逸出之现象叫溅射。若在靶近旁放置适当的基片，则从靶飞出的原子便会沉积在基片上而形成薄膜。用这种方法制造薄膜的设备叫溅射设备。

用溅射制造薄膜有以下优点：

（1）可在低温下将高熔点材料做成薄膜。

（2）凡具有一定耐热能力和真空性能的材料，如金属、半导体、介质、多元素化合物及混合物乃至液体金属等均可溅射。

（3）薄膜易控制、均匀、纯净，与基片的附着力强。

（4）可以制作金属化合物薄膜、组分均匀的合金薄膜和氧化物绝缘薄膜等。

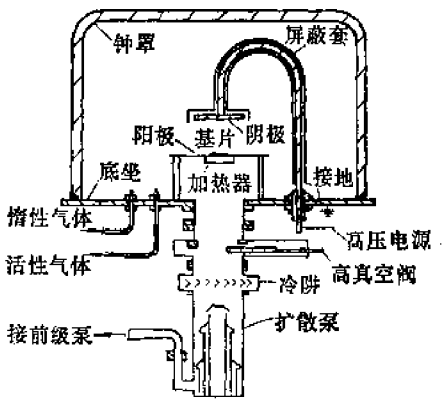
目前用溅射制造薄膜的设备有：

溅射设备
- 阴极溅射设备
- 等离子溅射设备
- 高频溅射设备
 - 高频辉光放电溅射设备
 - 高频等离子溅射设备
- 反应溅射设备
- 吸气剂溅射设备
- 偏压溅射设备
- 非对称交流溅射设备

阴极溅射设备

cathode sputtering equipment

在10^{-1}～10^{-2}毛压强空间中平行放置基片（阳极）和溅射的靶材料（阴极），给阴极加上数千伏的负电压（阳极接地），就会产生辉光放电。放电形成的等离子中的正离子，在阴极前面的阴极压降电场加速下轰击靶材表面，即可产生溅射。溅射出的靶材原子沿直线飞行，沉积在靶对面的基片上形成薄膜。这种设备也称辉光放电溅射设备或直流二极溅射设备。



阴极溅射设备示意图

图中所示为阴极溅射设备的结构。真空系统先将溅射室抽到10^{-6}毛以上的真空，以防溅射原子污染。然后通入惰性气体使工作压强达10^{-1}～10^{-2}毛（当进行反应溅射时可由活性气体阀通入活性气体）进行放电、溅射。阴极可一个，也可多个，以进行复合溅射（但应避免溅射原子之间的污染）。阴极通水冷却，以便长期溅射不过热。基片处设有加热器。阴阳极间最高电压达5千伏（由阴极材料决定），为了防止反常放电，最好使用电抗变压器。电流密度由阴极面积决

定，一般为0.5～1.5毫安/厘米^2。

这种设备的特点是：

（1）能消除蒸镀设备中蒸发源所带来的各种弊病，如坩埚材料对蒸发物质的污染、蒸发源的热辐射及蒸发化合物时引起的热分解等。

（2）易用简单装置进行长期溅射。

（3）除能溅射各种金属、合金，通过选择气体介质还可制取化合物薄膜，如氧化物、氮化物、碳化物、硫化物薄膜等。

（4）薄膜的粘着力比蒸发膜的强。

（5）在大面积内膜厚均匀。

它的缺点是：

（1）不能独立改变影响溅射的参量。

（2）无法使用掩模。

（3）溅射膜中含有气体杂质。

（4）需要高压电源。

（5）基片表面受电子轰击。

辉光放电溅射设备

glow discharge sputtering equipment

同“阴极溅射设备”。

直流二极溅射设备

D-C diode sputtering equipment

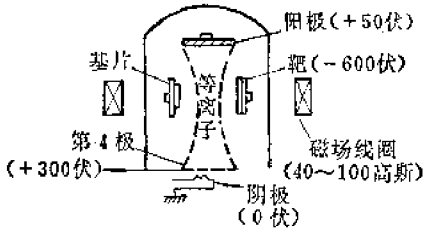
同“阴极溅射设备”。

等离子溅射设备

plasma sputtering equipment

阴极溅射设备中，为维持辉光放电，需要较高的气压和电压。这样，轰击于阴极的正离子的能量分布就比较宽，溅射出的靶材原子，由于在途中与气体分子相碰撞而散乱，使其向基片的沉积速率降低。同时，还易吸收杂质气体。因此，如能在低压下进行溅射，必定会有若干优点。但当气体压强降低后，由于正离子轰击阴极从其表面产生的二次电子不再能充分电离气体，使辉光放电停止而不能溅射。

等离子溅射设备就是用热阴极发射的电子或高频激励等方法使低压气体放电，形成等离子体的一种低压、低能、高离子电流的溅射设备。图为热阴极等离子溅射设备工作原理示意图。



等离子溅射设备原理图

用真空系统将溅射室抽到10^{-7}毛真空度后，充入高纯度的氩气，使真空度降到1×10^{-3}毛，给热阴极通电加热，使其发射电子。这些电子在向加有正电压的阳极运动过程中与氩气分子碰撞而电离，形成等离子体。在聚焦磁场作用下，等离子体被聚焦成柱状，形成高密度等离子体。其中的正离子在靶（欲溅射材料）上所加负电压加速下轰击靶面，使其溅射出原子。原子沿直线前进沉积在靶对面的基片上形成溅射膜。

由于等离子溅射是在低气压下进行的，因此薄膜纯度高，粘着力强。又由于是低能溅射，故可在熔点低的有机物上沉积薄膜。另外，阳极电压、阴极发射电流、磁场、靶电压均可独立改变而得到不同状态的等离子体，从而满足了多用途应用。这种设备的缺点是难以获得大面积均匀薄膜。当在氧气中进行反应溅射时，为避免热阴极短寿命，应采用高频激励等放电形式。

高频溅射设备

high frequency sputtering equipment

阴极溅射设备和等离子溅射设备无法溅射绝缘体，因为正离子打到绝缘体靶表面上将积累正电荷而使表面电位升高，致使正离子不再能轰击靶面而停止溅射。若给绝缘体背面装上金属电极，并加上高频电压（通常频率为13.56兆赫），则在高频电压的正半

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

周内，电子飞向靶面，中和了负半周内所积累起来的正离子，就可使下一负半周的正离子能以轰击靶面，从而使溅射继续进行。这种在高频电压作用下，使正离子（用来溅射）和电子（用来中和正电荷）交替地打到阴极靶面上的溅射设备，叫高频溅射设备。应用这一原理的辉光放电溅射（阴极溅射）设备，叫高频辉光放电溅射设备；应用这一原理的等离子溅射设备，叫高频等离子溅射设备。

高频辉光放电溅射设备

high frequency excited arc sputtering equipment

见“高频溅射设备”。

高频等离子溅射设备

high frequency excited plasma sputtering equipment

见“高频溅射设备”。

反应溅射设备

reactive sputtering equipment

溅射一般系借惰性气体放电来进行。当惰性气体含有杂质气体，或溅射时因电极、管壁升温和离子轰击引起的放气，以及吸气剂溅射时放出的吸附气体等，都会给溅射薄膜的特性带来严重影响。并且，即使对通入的惰性气体进行纯化及除去溅射容器中产生的杂质气体，也很难获得良好的溅射膜。相反，若积极利用溅射膜对杂质气体敏感的特性，在惰性气体中有目的地混入反应气体或仅用反应气体进行溅射，就可得到反应物溅射膜，这种设备叫反应溅射设备。

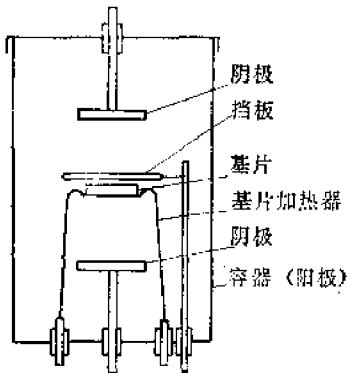
利用反应溅射可以获得特殊性能的薄膜，如各种绝缘体和半导体金属化合物薄膜。并且可以简单地通过改变放电中反应气体和惰性气体的比例使薄膜从金属改变为半金属，最后直至半导体。利用反应溅射还可进行杂质扩散。

吸气剂溅射设备

getter sputtering equipment

在这种设备中，利用溅射薄膜对杂质气体具有非常强的吸气作用，将需溅射薄膜以外的区域先行溅射薄膜，使之对杂质气体吸气，以纯化溅射气体，然后溅射所需薄膜材料以获得纯净溅射膜。

例如，在镍或不锈钢容器（作为阳极）中相对放上二块阴极，在其中间放上基片，用挡板先遮住基片，使阳极与二阴极间放电、溅射，则沉积于器壁上的溅射膜即对杂质气体进行吸气，使溅射气体纯化，然后打开挡板，进行溅射即可得到纯净的溅射膜。



吸气剂溅射原理图

偏压溅射设备

bias sputtering equipment

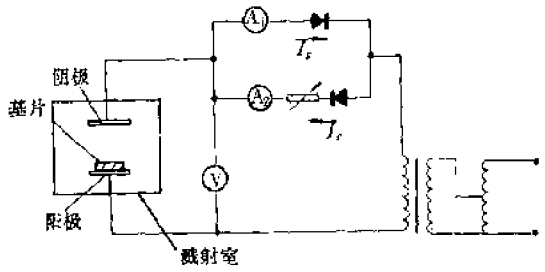
在这种设备中，利用溅射膜表面对溅射材料原子的吸附力大于对杂质气体原子的吸附力之特性，给基片加上适当的固定偏压(如为负电压)，使在阴、阳极之间发生放电、溅射和向基片沉积薄膜的整个时间内，气体离子能稳定地轰击薄膜表面，而使吸附的气体从中释出以获得纯净的薄膜。

非对称交流溅射设备

asymmetric A-C sputtering equipment

在这种设备中，在阴、阳二电极之间加上正负大小不同的交流电压（电路设计使阴极为负半周时流过的电流远大于基片为负半周时的电流），当阴极处于高幅值的负半周

时，阴极（靶）发生溅射，而在其极性为正的低幅值半周内，气体离子轰击沉积于基片面上的薄膜，使其所吸附的杂质气体分子从中释出，以获得纯净的薄膜。它的特点是薄膜沉积和净化处理二过程交替进行，因此易获得纯净的薄膜。



非对称交流溅射原理图

离子束镀膜设备

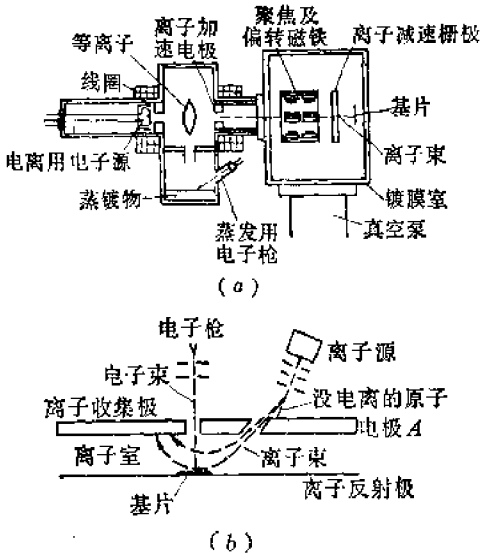
ion beam deposition equipment

在这种设备中，将欲镀膜的物质电离，形成蒸汽离子束，再将其聚焦成细束，借电磁偏转使之有选择地沉积于基片上，以得到所需形状薄膜。

采用蒸镀法制造薄膜时，由于被蒸镀物质的蒸汽流是无所选择地沉积在基片上，故欲获得所需图形的薄膜，需使用特制的掩模版。但对于形状复杂、线条微细的图形，掩模的制造精度常感困难；在进行多次蒸镀时，掩模和基片的组合也颇繁杂，因而导致整个镀膜设备的结构比较复杂。采用离子束镀膜，由于用电气控制，可使离子束（或电子束）按所需图形进行扫描，在基片上就能获得所需形状的薄膜。这是一种无掩模镀膜，在超小型薄膜电路制造上有着重要的意义。

图中所示为离子束镀膜设备的工作原理。图 *a* 系先用电子束将欲镀膜的物质加热蒸发变成蒸气，该蒸气进入电离室经电子束轰击产生电离，在磁场作用下，蒸气离子被压缩在电离室的中心部，经加速电极引出后形成离子束进入镀膜室。在镀膜室中离子束经聚焦后受偏转控制沉积在基片上形成薄膜。位于基片近旁的离子减速栅极使到达基片上的离子束的动能基本为零，以避免高速离子损伤基片或使其溅蚀。另外，当离子束沉积到绝缘基片上时，会在其表面积累电荷而使聚焦离子束发散，并且过量的累积电荷还会使镀膜无法再进行下去。因此，在离子束通过最后的偏转电极后应提供电子以便与离子中和。

图 *b* 所示的装置具有与电子束并用之特点。从离子源引出的离子束通过电极 *A* 的缝隙进入镀膜室，借调整镀膜室中离子收集极和离子反射极上的电压，可使全部离子被离子收集极收集而不沉积到置于反射极上的基片上，基片得不到薄膜。但当使电子束按所需图形在绝缘基片上进行扫描时，由于电子积累在绝缘基片上，便可将离子吸引到基片而得到所需图形的薄膜。薄膜厚度可用电子束的强弱或扫描时间来控制。另外，电子中和了离子，故基片不会带电。



离子束镀膜工作原理图

电子束化学反应镀膜设备

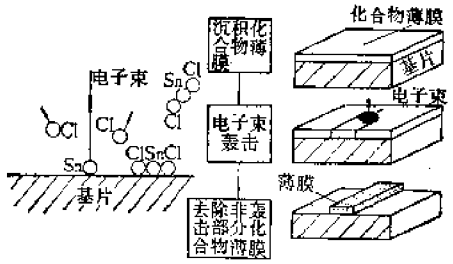
chemical reaction coating equipment by electron beam

在这种设备中，基于低能电子束对化合物的分解或对有机物的聚合作用，用微细电

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

子束在事先(或与电子束轰击的同时)已用其它方法沉积有化合物或有机物薄膜的基片上，按所需图形进行扫描，即可获得所需图形的薄膜。利用这种设备镀膜的原理如图所示。由于不需掩模即可获得所需图形的薄膜，又称为无掩模电子束镀膜设备。

例如，在制取锡薄膜时，可用数百电子伏特能量的电子束轰击已沉积有氯化亚锡薄膜的基片（见图)，使之发生分解反应，锡即残留于基片上形成导电的锡膜，而氯则从基片上挥发出，并由真空系统抽走。



电子束化学反应镀膜工作原理图

无掩模电子束镀膜设备

maskless electron beam coating equipment

即“电子束化学反应镀膜设备”。

无油超高真空镀膜设备

oil-free ultra-high vacuum coating equipment

在无油超高真空系统中进行镀膜，以避免油蒸汽影响所制薄膜性能的设备。

多源连续真空镀膜机

multi-source continuous vacuum coating equipment

在一次抽真空中连续完成薄膜网络各蒸镀工序的设备。例如，对一块RC无源薄膜网络，使用这种具有多蒸发源的设备，在一次抽真空中即可完成蒸电阻、蒸电极、蒸电容介质、蒸电容上电极等工序。这样就避免了环境和人工操作换片时的沾污，提高了产品质量。另外，由于在多工序生产中不破坏真空度，并能自动转换基片、掩模的相对位置，从而提高了薄膜电路的生产率。

四、排气设备

排气设备

exhaust equipment

保温瓶之所以能保温，主要是因为它的瓶胆被抽成真空并封离起来，真空起了良好的绝热作用。白炽灯泡也要抽成真空并封离起来才能使用，否则一经通电灯丝就会立即氧化，烧毁。荧光灯在抽真空后还要充入一定量的水银和氩气。电子管要求有更高、更佳的真空，不仅要把管内所包含的气体抽走，还要把阳极、栅极、阴极基金属和管壳材料内部及表面上所吸附、溶解的气体赶走。另外，还需对氧化物阴极进行分解、激活及使电子管在比较重的负载（即阴极发射电流和阳极消耗功率较大）下工作一段时间，以使管内一些相互矛盾的过程达到平衡状态而使电子管的参数较快地稳定下来。像这种对某一容器抽气，进行一定工艺处理，使之达到所需真空度，将其封离的设备，统称为排气设备。

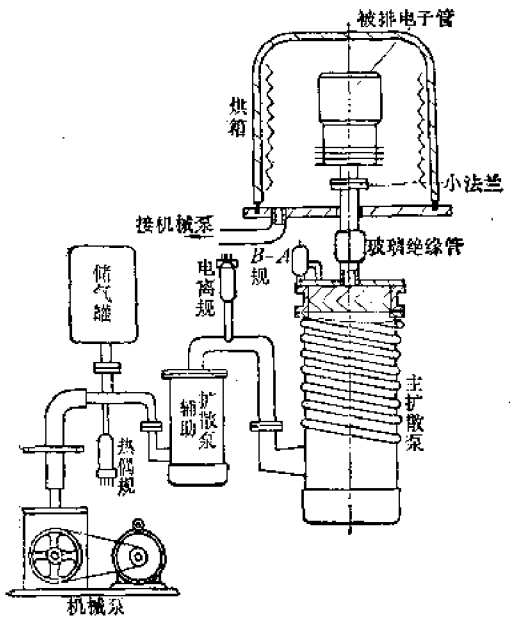
由于被抽容器要求不同，排气设备繁简程度也不同。如保温瓶胆、白炽灯泡这类真空度要求不高的容器，一般单用机械泵排气即可满足其要求。普通收信放大电子管，其真空度一般要求达 10^{-5}～10^{-7} 毛，其排气设备常用油扩散泵和油封机械真空泵组成的高真空系统、烘烤去气用的烘箱、阴极分解和激活及电子管老炼用的电源等组成。大型发射电子管、大功率微波电子管及电视用摄象管等，不仅真空度要求更高（达 10^{-8} 毛以上），且真空质量要更佳（管内油蒸气尽量少），其排气设备的真空系统宜采用无油超高真空系统。由于大型电子管的阳极一般都用无氧铜制成，为避免高温烘烤去气时的氧

化，烘箱用真空烘箱，即烘烤去气前用机械泵对烘箱抽气，使之维持于一定的真空度。具有真空烘箱的排气设备通常称为双真空排气台。

排气设备名称极多，一般系根据所排管型的具体要求而专门设计制造并命名，如彩色显象管排气台、行波管排气台、磁控管排气台等。从结构特征上看，基本有两类：排气台和排气机。

所谓排气台，是指被排容器在设备上固定不动，完成排气工艺。根据一次所排工位数，有单位、双位、多位排气台之别。图中所示为单位、立式、双真空、大型管排气台示意图，它是排气设备之基础。

排气机是指被排容器在设备上依次运动，在不同工位上完成排气工艺。它实际上是在单位基础上为满足大量生产需要发展起来的，可看成是许多单位排气台的组合。由于它具有一个可转动的转盘，从而能使被排容器在同一时刻处于不同的工作状态，以实现生产过程的连续性。一般由真空系统、检漏装置、烘箱、高频炉、电源控制台等组成。习惯上，人们常称排气机为圆排车。这主要是从它具有一圆转盘而说的。实际中，在排像显象管这类体积大、批量多的器件时，采用圆排车结构形式的设备，不是限定了排气工位，就是增大了占地面积，因此，对这类器件常采用轨道式排气机排气。它的大致模样是：在两个相距数十米的大链轮（直径约1～2米）上张挂一链条，链条上挂有数十～一百多个排气小车，在主动链轮的带动下，链条转动，排气小车随之沿置于链条下并与其平行的轨道运动，被排器件在运动过程中完成排气工艺。



排气设备示意图

排气台

exhaust station

见“排气设备”。

排气机

exhaust machine

见“排气设备”。

圆排车

round exhaust machine

同排气机，见“排气设备”。

轨道式排气机

inline exhaust machine

见“排气设备”。

双真空排气台

two ply vacuum exhaust station

见“排气设备”。

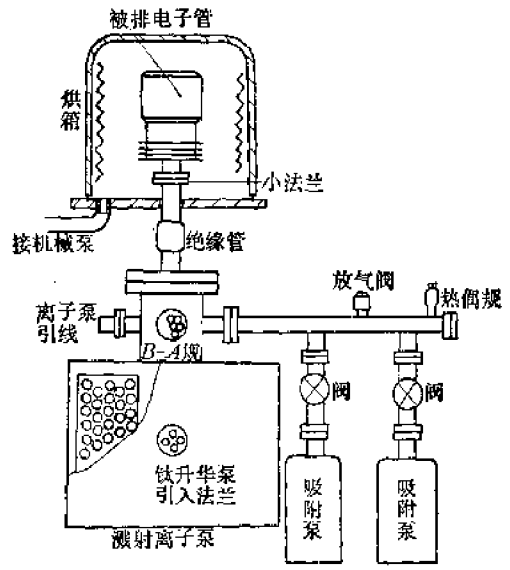
无油超高真空排气台

oil-free ultra-high vacuum exhaust station

一种没有油一类的有机物蒸气污染、抽速大、极限真空度高（通常可达10^{-10}乇以上）的排气设备。油蒸气对电真空器件的危害很大，如油的分解产物能使阴极中毒以致降低阴极的发射能力和寿命，附于电极表面上的油蒸气膜和油分解形成的固态沉积物可以改变电极表面状况（如绝缘电阻、二次发射

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

系数等），以致管子参量零散大，特性不一致；油分解后的碳分子附在绝缘体上使其绝缘性能下降造成高压击穿，影响管子的高压性能等。因此，为了进一步提高电真空器件的性能，必须采用无油超高真空排气系统。其典型结构如图所示。工作时，接上被排电子管，两只吸附泵串联使用，将整个系统从大气压抽至10^{-2}～10^{-3}毛，然后启动溅射离子泵（当被抽容器大量放气时，利用钛升华泵来大量排气，并帮助溅射离子泵启动），电子管经烘烤除气、阴极分解、激活、老炼后封离排气台。吸附泵经多次使用后，需加热300～350℃，使分子筛去除水汽（由放气阀放出）。



无油超高真空排气台示意图

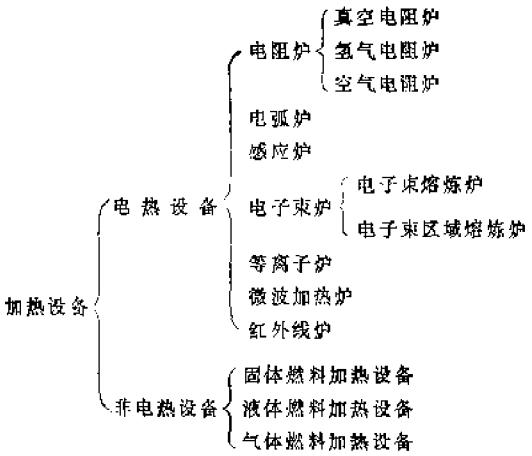
五、加热设备

加热设备

heating equipment

无线电工业中，对零件、材料进行除气、定形、退火、净化、提纯、烧结、被覆、封接和熔炼等，用以完成其热加工工艺规范要求的设备，统称加热设备。

按加热能源和能量转换方式，加热设备可分类如下：



电热设备

electric heating equipment

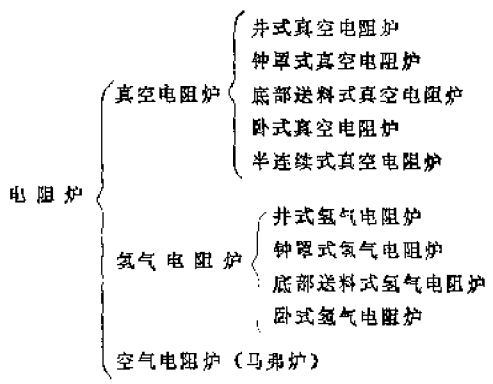
利用电现象产生的热进行加热的设备。

电阻炉

resistance furnace

一种通过电热体将电能转换成热能的装置。电热体材料常用镍铬合金、铁铬铝合金、钼、钽、钨等金属电热体材料和硅碳棒、二硅化钼、石墨等非金属电热材料。

按工作气氛，目前无线电工业通用电阻炉又分为真空炉、氢气炉、空气炉。它们又可按结构和送料方式作如下分类：



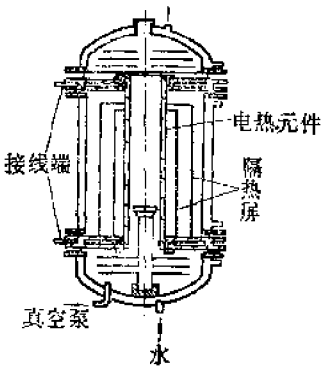
真空电阻炉

vacuum resistance furnace

在真空状态下工作的无惰性（或相当于无惰性）电阻炉。

物体在真空中加热的优点是：对物体脱气、脱氧、脱硫及使有害杂质蒸发分离；避免氧化污染。并且，加热处理应尽量没有热惯性，或热惯性很小，以便加热迅速、冷却迅速，提高生产率。

按结构特征和送料方式，真空电阻炉分井式、钟罩式、底部送料式、卧式、半连续式等种。所谓井式，系指炉膛位于工作台面以下，装卸料由顶部进行；所谓钟罩式，系指炉膛位于工作台面以上，钟罩可以升降；所谓底部送料式，系指料通过传动机构由炉膛底部送入；所谓卧式，系指炉膛水平放置，一般又有单位、双位之分；所谓半连续式系指装卸料、工作过程为半连续进行。



真空电阻炉示意图

图为真空电阻炉的简图。由于真空电阻炉是借电热元件的热辐射对工件加热的，故应防止真空容器温度上升（如用水冷却）。因氧化镁、石墨纤维等隔热材料易放气，故真空电阻炉一般多采用钼、不锈钢制隔热屏隔热。考虑到真空容器的耐热强度和热效率，电热元件一般放在设备之中。

被加热处理的工件放在工件台上。对炉膛抽气使之达到所需真空度后给电热元件通电加热。因工件受热致其内部的气体分子动能增大而迅速扩散出金属（称除气）。同时，许多金属的氧化物还会在高温下分解。分解出的氧一方面被真空系统抽走，一方面又为金属内部所放出的还原性气体（CO、H_2）所还原而达到去除部分氧化物之目的。此外，表面的其他脏物，往往也在真空中高温挥发或蒸发而脱离工件表面被真空系统抽走，达到净化之目的。

被加热处理好的工件待降温后取出保存于真空储存柜中。

真空电阻炉温度易调节，但降温时间较长。另外，钼、钨等易蒸发，而石墨又易放出一氧化碳气体，制造大型炉，因需要大量的钼、钨板，所以比较困难。

井式真空电阻炉

pit vacuum resistance furnace

见“真空电阻炉”。

钟罩式真空电阻炉

bell vacuum resistance furnace

见“真空电阻炉”。

底部送料式真空电阻炉

elevator vacuum resistance furnace

见“真空电阻炉”。

卧式真空电阻炉

horizontal vacuum resistance furnace

见“真空电阻炉”。

半连续式真空电阻炉

semicontinuous vacuum resistance furnace

见“真空电阻炉”。

马弗炉

Muffle furnace

一种以空气为工作气氛的电阻炉。其结构简单，炉腔由耐火砖砌成，用电阻丝加热，最高工作温度为1000℃。温度用热偶温度计测量，并常附有自动温度控制器。

在电真空器件生产上，马弗炉常用来对绝缘零件进行清洁处理和陶瓷间隔片的加工

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

焙烧等。由于绝大多数金属在空气中进行热处理时表面要被氧化，因此，这种炉子很少（除不会被氧化的贵金属外）用来处理金属零件。有时对钨、钼、镍等零件为了预先烧去脏物，也可先在马弗炉中进行热处理，但温度应较低（400～600℃），以后还需在还原性气体中进行还原。

氢气电阻炉

hydrogen resistance furnace

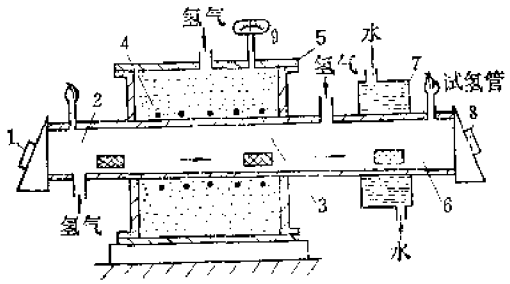
具有氢气气氛保护的惰性或无惰性电阻炉。

氢气在高温下具有良好的还原性质，同时扩散速率很大。在氢气中进行加热处理要比在真空中简单快速，且能使处理的零件、材料同时达到退火、预去气和表面净化的目的。但并不是所有金属零件都可在氢气中进行热处理。例如，钽在氢气中加热后会变成氢化物而致变脆。普通铜含有氧气，在高温下氢气将扩散入铜的内部而产生氢病。石墨在氢气中加热处理，其杂质气体不象在真空中那样易扩散出来，另外，氢扩散到多孔性的石墨中便很难再去除等。

按结构特征和送料方式，氢气电阻炉有井式、钟罩式、底部送料式、卧式等种。所谓井式，系指炉膛位于工作台面以下，装卸料由顶部进行；所谓钟罩式，系指炉膛位于工作台面以上，钟罩可以升降；所谓底部送料式，系指料通过传动机构由炉膛底部送入；所谓卧式系指炉膛水平放置，一般又有单位、双位之分。

下图为卧式氢气电阻炉简图。整个炉子划分为三个区域，零件由左边的装料门1送入预热区2，其炉管用熟铁制成。中间部分3为加热区，其炉管用耐高温的氧化铝管制成，零件在这里进行加热处理。炉管外绕有电阻丝4；给其通电后即可使炉管温度升高加热零件。为使炉管热量不致外散，炉管与铁壳5之间充填有隔热材料。右边为冷却区6，加热处理的零件被推到这里进行冷却，待冷却到一定温度后打开卸料门8取出零件。炉内温度可用电偶高温计9或光学高温计测量。

氢气炉工作时要求氢气的流量要大，以使炉内保持恒定的压力，防止空气进入。另外，还可把热处理中氢气与金属氧化物生成的水汽带出炉外，使之不致留在炉内引起被还原了的金属重被氧化。因此，要求通入炉内的氢气的纯度要高，尤其是氧及水汽的含量要尽量少。除给炉管通氢气外，还应在铁壳中通氢，以防高温下电阻丝氧化。



卧式氢气电阻炉示意图

井式氢气电阻炉

pit hydrogen resistance furnace

见“氢气电阻炉”。

钟罩式氢气电阻炉

bell hydrogen resistance furnace

见“氢气电阻炉”。

底部送料式氢气电阻炉

elevator hydrogen resistance furnace

见“氢气电阻炉”。

卧式氢气电阻炉

horizontal hydrogen resistance furnace

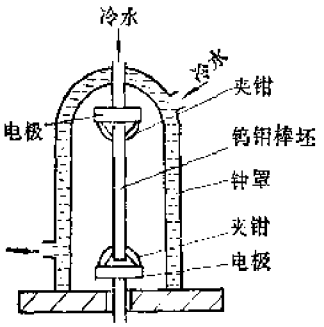
见“氢气电阻炉”。

垂熔炉

vertical sintering furnace

是钨钼熔炼设备之一，用于钨钼坯的最后熔炼。对压制的粉末金属棒起烧结作用（见图）。

在钟罩下，将经过初次烧结及高压压制



垂熔炉示意图

的钨钼粉棒坯夹于两个夹钳中。夹钳通以电流，使钨钼坯加热至3000～3100℃到即将熔化为止。经过垂熔的钨钼棒成为真正带有光泽的金属。为了防止钨钼在高温时氧化，钟罩里面充有氢气。为了使夹头及钟罩不致在高温时熔化，均通入冷水循环冷却。该设备使用电流很大，约2000～3000安培。

电弧炉

arc furnace

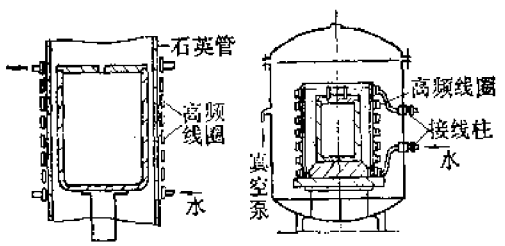
利用电弧加热的电炉。

感应炉

induction furnace

处于交变磁场中的导电材料，由于电磁感应将产生磁滞损耗及涡流损耗而将其加热。感应炉即是利用这种效应进行加热的电炉。

下图为二种感应真空炉炉膛结构。左图为外部加热式，真空容器为石英或玻璃钟罩，高频线圈绕于钟罩外侧，下面接真空系统。由于真空室容积较小，内部放气源少，有易获得高真空之优点，但受石英管机械强度所限，很难制造大容量的炉子。右图为内部加热式，真空容器不用石英管，因此炉膛较大。由于高频线圈处于真空室内，线圈间易产生高频放电，因此高频电源一般不用电子管振荡器或火花间隙振荡器，而用电动发电机。真空容器常用无磁不锈钢制成，以减少高频损耗。所用隔热材料的放气量应小。



感应式炉膛结构示意图

电子束炉

electron beam furnace

利用电子束轰击工件时其动能转变成热能来加热熔炼的电炉。有电子束熔炼炉和电子束区域熔炼炉二类。

电子束熔炼炉

electron beam melting furnace

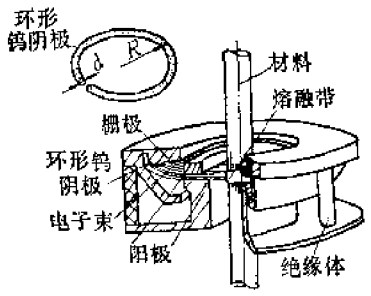
利用真空中的阴极发射出的电子，经高电压加速后轰击被熔炼的金属材料，使之加热熔化之电炉。可熔炼钽、锆、钛、铌及其合金等高熔点、活性金属材料。它的熔炼能力和纯度比普通熔炼炉高。

电子束区域熔炼炉

electron beam zone refining furnace

将带状电子束轰击于棒状材料上，在使之熔化的同时，将其作上下移动，利用材料中熔质的偏析或蒸气压高的杂质在真空中的蒸发而达到提纯材料的电炉。

电子束通常由环形电子枪（见图）产生，该枪由环形钨阴极、栅极及阳极组成。被熔炼的材料置于环形枪轴线上，电子从被加热的环形阴极发射出，经栅极聚焦、阳极加速



电子束区域熔炼炉用电子枪结构示意图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

后轰击到工件上（工件和阳极接地电位）。

该设备除提纯金属、半导体和绝缘体外，还可拉单晶（在材料开始熔融的区域装上籽晶，使熔融带的移动速度与晶体生长的速度一致，即可得到单晶）及均匀材料的组分（适当选择熔融带的移动速度，利用熔融体中的对流和扩散，使溶质浓度或结晶均匀）。

等离子炉

plasma heating furnace

电能通过电弧、感应等法使气体转变为等离子体，而在等离子体复合为气体分子或原子时转变为热能的电炉。

微波加热炉

microwave oven

利用微波加热的电炉。微波能量常用磁控管产生。

红外线炉

infrared heating furnace

利用红外线加热的电炉。最简单的是用红外线灯泡作热源，也有用煤气火头燃烧不锈钢网产生红外线来加热的。常用于干燥及玻璃件退火。

非电热设备

non-electric heating equipment

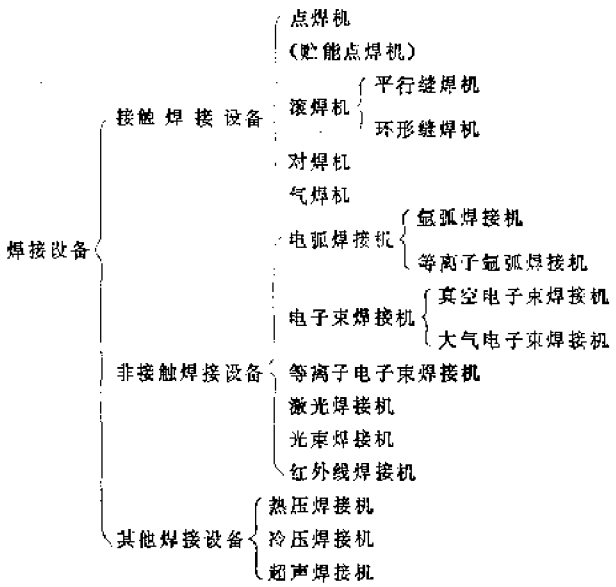
以固体燃料（煤）、液体燃料（重油、汽油）、气体燃料（煤气、乙炔、氢气-氧气）等作为能源的加热设备。

六、焊接设备

焊接设备

welding equipment

利用加热或其他方法，使二金属间原子的壳层相互起作用，或是原子的相互扩散，或是互溶，依靠原子间的内聚力使二金属永久地、牢固地结合在一起的设备。按原理，可分类如下：



接触焊接设备

contact welding equipment

借焊件直接通电后其本身电阻及焊件间的接触电阻产生的焦耳热，将焊件局部加热到一定温度，靠压力使两种金属焊接在一起的设备。按照工艺特征，有点焊机、贮能点焊机、对焊机、滚焊机等种。

接触焊接设备也称电阻焊接设备。

电阻焊接设备

resistance welding equipment

即“接触焊接设备”。

点焊机

spot welding machine

是接触焊接设备的一种。将焊接零件（通常系片状或丝状）放在圆锥状的电极中间，给电极施以一定压力，利用电流通过焊件本身及焊件与焊件之间、焊件与电极之间的电阻所产生的焦耳热，使焊件局部熔化形成焊核。在加压及受热作用下，焊核周围造成一被紧密挤压的塑性金属环将二金属牢固地焊接在一起。

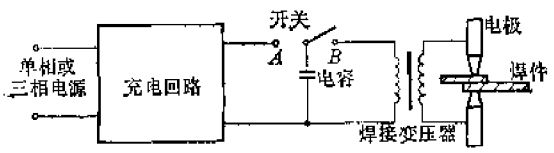
为保证有良好的接触，焊件须事先仔细清洗。在焊接过程中，为防止氧化，可使用带有钻孔的电极，或用单独的喷嘴将氮或氮氢保护性气体吹向焊接处或在焊接处滴上酒精、四氯化碳及其它易汽化的液体，以使焊接时这些液体汽化把空气隔开，达到保护作用。

贮能点焊机

reserve energy spot welding machine

点焊机是借电极加压并把电流流过焊件，靠接触电阻和焊件本身的固有电阻产生的焦耳热，使焊件局部加热熔融而焊接在一起的。应用储能焊接机，把从电源中连续取得的能量积蓄在电容器中，之后瞬时消耗到焊接变压器中，以产生电流脉冲，把焊件加热。因此，克服了热能漏失和影响其他用电处的电源稳定性的缺点。由于每次焊接电能是准确一定的，因此焊接质量稳定，并可省去复杂的时间控制器和减小焊接变压器的功率。

图为电容储能式点焊机原理图，开关置于A点，给电容器充电以积蓄电能，然后将开关置于B点，则电容器放电得到脉冲状焊接电流将焊件焊牢。

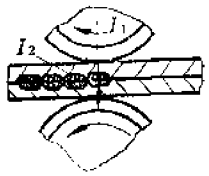


储能点焊机工作原理图

滚焊机

rolling welding machine

属电阻焊接设备的一种。它是用一个或二个滚动的圆形电极压在焊件上，在通电流的同时沿焊件接缝滚动而使焊件严密地滚接在一起的。滚焊原理如图所示。滚焊机的功



滚焊原理图

率几乎为点焊机的两倍。

在电真空器件生产中，滚焊机主要用于金属电子管的封口和制造大型管的栅极。

平行缝焊机

parallel seam sealing machine

是用通电的滚轮与被焊件作相对的平行移动而将焊件焊在一起的设备。这种焊接的特点是气密性好、强度高、承受机械冲击和热冲击的能力强。它属于滚焊机的一种，用于封装矩形金属管壳。

环形缝焊机

circular seam sealing machine

是滚焊机的一种，用于封装圆形金属管壳。原理与结构和平行缝焊机相同，但在焊接时滚轮不移动，靠管壳架带动管壳旋转185度来焊上整个焊缝。

对焊机

butt welding machine

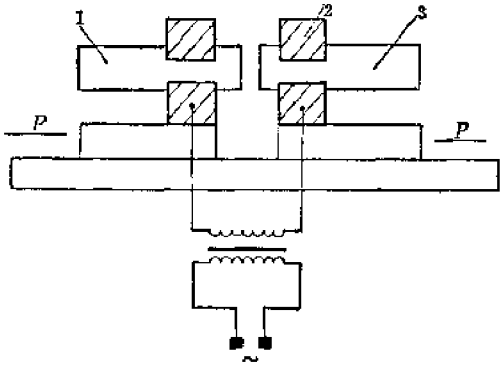
将二焊件端面相对放置，在压力作用下进行接触焊接的设备。主要用来焊接棒状、厚壁管状等材料。根据焊接方法不同，对焊机可进行压焊和闪焊。

所谓压焊，是将焊件1、3夹牢在对焊机（见图）的夹具2上，然后把可动端3移

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

向固定端1，在压力P的作用下使焊件二端接触，通以大电流，在接触区域内引起强烈的加热，在加热温度足够高时（低于焊件熔点）发生塑性状态的挤压而被连接在一起。压焊的特点是焊头金属不熔化，焊接后焊件长度略有缩短而直径则略有增加。

所谓闪焊，是电源先接通二焊件顶端，借移动而接近，当发生电接触时，触点处迅速被加热熔化并溅射出液体金属微粒。当顶端逐步靠近时，新的接触点达到熔化，随着接触点增多，使顶端强烈地被加热。当加热到足够的温度时，迅速加上压力P，并断开电源，借挤压焊件而焊住。



对焊原理图

压焊

pressure welding

见“对焊机”。

闪焊

flash welding

见“对焊机”。

热压焊接机

thermocompression bonder

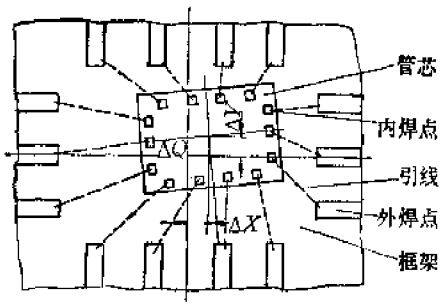
一种不用焊剂，也不需熔化，而仅对金属引线（如硅铝丝或金丝）和硅片上的铝层同时加热（350～400℃）和加压（8～20公斤/毫米^2），使之紧密地结合在一起的设备。常用来完成集成电路和半导体器件的引线焊接。

按照压刀形状和具体操作的不同，热压焊接机可进行球焊、缝焊和楔焊等。其优点是设备简单、不用焊剂（从而避免了硅片表面的沾污）、焊点面积小等。其缺点是操作速度较慢，对焊接件的表面清洁度要求较高，晶片在局部受热、加压下有可能变形而改变其电性能。

超声焊接机

ultrasonic wire bonder

是用超声波产生的能量进行集成电路内引线焊接的设备。劈刀把引线压在焊点上，在超声振荡的作用下，使引线与焊点间互相摩擦，破坏了该处的氧化膜并产生高热，从而使这二种金属互相接合。集成电路中，管芯上的内焊点和框架上的外焊点，其各自的坐标都是很精确的。该设备可对因粘片位置不准确而产生ΔX、ΔY、ΔQ误差（见图）的集成电路内引线进行焊接。它以框架作为上料定位基准，操作手动开关发出脉冲讯号，使步进电机带动工作台移动。这时，观察投影屏使管芯上的图形与基准线对准，同时把检测出的误差ΔX、ΔY、ΔQ（如果粘片准确，ΔX、ΔY、ΔQ等于零）数值讯号输给计算机，通过运算，依次得出所有内外焊点的焊接位置坐标，来控制工作台移动和转动，逐条地自动进行无尾丝焊接。



焊接示意图

超声键合机

ultrasonic bonding machine

即“超声焊接机”。

芯片焊接机

die bonder

是在加热、加压的条件下，借助超声波的振动或凸轮产生的每分钟几十次的揉动把芯片焊到管座上的专用设备。其工作过程是：将芯片规则地放在专用托盘上，给管座待焊处涂以焊料，借装有真空吸嘴的压杆把芯片吸放到管座的待焊处，经加热、加压并给予一定的揉动即可完成焊接。

梁式引线焊接机

beam lead bonder

将梁式引线芯片焊接到基座上的设备。其结构和倒装焊接机相似，能源可用超声波和热压等形式。

倒装焊接机

flip chip bonder; face down bonder

是集成电路引线的面焊工艺设备。它是把芯片扣在管座（芯片背面向上）上，借助观察系统把芯片和管座上的引线图形对准，然后用超声焊法或热压焊法进行面与面的焊接。所有焊点在一次焊接中完成。倒装焊接机在机械结构上与超声焊接机和热压焊接机相似，只是观察系统比较特殊。

非接触焊接设备

non-contact welding equipment

又称熔融焊接设备，是利用局部加热将金属熔化而实现焊接的一种设备。焊接时一般不加压力，如果加，也只起辅助作用。

这种设备分二类：

（1）直接将基体金属熔化而焊接，如气焊机、电弧焊接机、电子束焊接机、激光焊接机、光束焊接机、红外线焊接机等。

（2）不熔化基体金属，而是使熔点较低的第三种金属（焊料）熔化，从而将基体金属焊接在一起。氢气炉、真空炉、高频感应炉等都可进行这类焊接（即钎焊）。

气焊机

gas welding machine

用气体燃烧产生的高温将金属熔化而焊接的设备。常用的气体有氧气-煤气、空气-煤气、氢气-氧气。其中以氢氧焰温度最高。

电弧焊接机

arc welding machine

以直流电或交流电通过电极和焊件，使在二者之间隙产生电弧，利用其高热把金属的焊接部分烧熔而固结在一起的设备。

电弧焊接常采用保护气体，以防焊点与氧、氢化合及吸收有害气体而破坏焊缝的真空密封性能。常用的保护性气体有氩，故有氩弧焊接机之称。氩弧焊能将铝、镁、银、无氧铜、铜、镍、钛以及其合金与不锈钢很好地焊在一起。

氩弧焊接机

argon arc welding machine

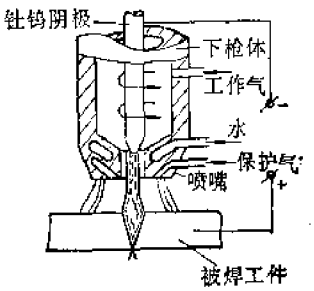
见“电弧焊接机”。

等离子氩弧焊接机

plasma argon arc welding machine

将氩气充分电离，并经高度压缩，以形成能量高度集中、温度达16000～33000°K的等离子电弧，借以焊接的设备。

焊接的工作原理如图所示。在钍钨阴极和工件（作阳极）间，或钍钨阴极和枪体（作阳极）内壁间加上直流电压，则经高频振荡器的激发，工作气流（氩）即可被击穿，形成电弧。随后，钍钨阴极发出的电子以很大的速度飞向阳极，在飞行过程中不断碰撞气体分子和原子，使之不断电离，并发出强烈的光辉。气体分子在激烈的运动中，获得



等离子氩弧焊工作原理图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

高能量的电子也不断从中逸出。强光还会使气体分子和原子不断电离。经这样充分电离后的气体，形成的离子流和电子流分别飞向阴极和阳极。由于枪体的机械压缩效应、热收缩效应和磁收缩效应，离子流（电弧）将以极高的速度（达10000米/分）从喷嘴喷出，而成为能量高度集中、温度很高并发出明亮火焰的等离子电弧。

这种电弧的导电性和传热性很高，热影响区小，稳定，机械冲击力大并能按工艺需要对其刚性、柔性进行广范围的调节。通过改变喷嘴的结构与枪体的尺寸，增大或减小气体流量，提高或降低电流、电压等，除能焊接（采用柔性弧——机械吹力小）如铝、铜、不锈钢、合金钢、钨、钼、钴、钛等活泼或难熔的金属外，还可切割（采用刚性弧——机械吹力大）任何金属和非金属。这是目前的一般电弧、氩弧、氧炔焰所不及的。

电子束焊接机

electron beam welding machine

利用高能电子束轰击被焊接材料接合处，其动能转变成热能，使接合处局部升温，熔化而焊接之设备。图为用电子束焊接机对集成电路引线进行多点同时焊接的情况。

电子束焊接机的特点有：

（1）焊件变形小。

（2）能焊接微小、高密度元件，且焊接后接触电阻小、牢靠。

（3）焊接速度快、效率高。

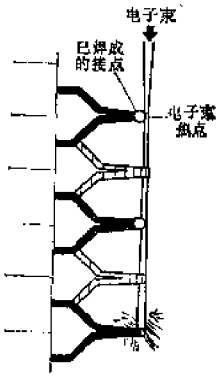
（4）因系在极短时间内将焊件加热熔化，故可焊接高熔点材料或熔点、热传导率不同的材料。

（5）在真空中焊接，无氧化污染，宜焊接钛、钽或锆等活性金属。

（6）除合金材料外，无需填充金属。

（7）易实现自动焊接。

按焊接室真空度，电子束焊接机分真空电子束焊接机和大气电子束焊接机。



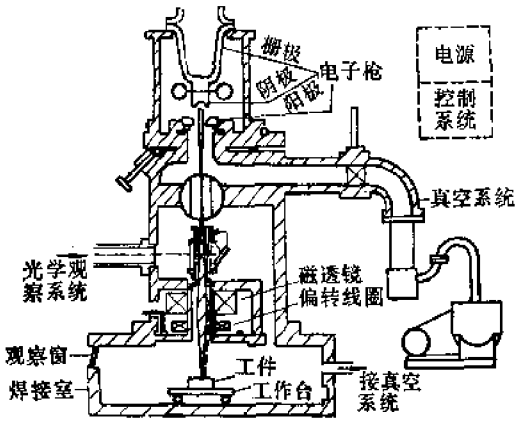
电子束焊接机多点同时焊接示意图

真空电子束焊接机

vacuum electron beam welding machine

结构如图所示，由电子光学系统、焊接室、真空系统、高压电源、控制系统等部分构成。电子光学系统由产生高能电子束的电子枪、使电子束聚焦成细束的磁透镜及使电子束偏转的偏转线圈组成。为察看加工情况，在电子枪和磁透镜之间尚加有一光学观察系统。焊接室中设有工作台，用以放置工件，可作横向、纵向、垂直方向移动，以满足焊接要求。真空系统用以获得真空。高压电源用来加速电子束，电压值一般为5万～15万伏。控制系统包括电子光学用低压电源及控制电子束运动的电源。

从热阴极发射出的电子，受栅极调制后



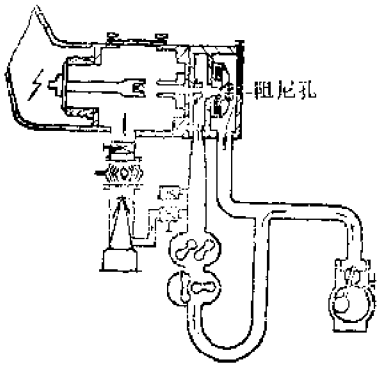
真空电子束焊接机结构示意图

被阳极加速，经磁透镜聚成细束，受磁偏转线圈控制而打到欲焊接处，使其熔化而焊接。

大气电子束焊接机

atmospheric electron beam welding machine

将电子束引出到大气中，用以焊接因体积大而不能放于真空室中去的焊件的焊接机（见图）。



大气电子束焊接机结构示意图

由于焊件不放在真空室中，可焊接大焊件，焊接速度及加工批量也可加大。但焊接易氧化的金属时，应给焊缝处喷射惰性气体，以资保护。

由于电子的质量非常小，当电子束通过大气与气体分子碰撞时，易使其散乱而使电子束的功率密度下降，致使焊接效率变差。对此采取如下措施：

1．使电子枪到工件的真空度由10^{-4}毛逐渐过渡到大气压，并在电子束出口处装一特制的阻尼孔。它能阻止气体分子侵入电子枪，而使90%以上的电子束通过该孔引出到大气中。

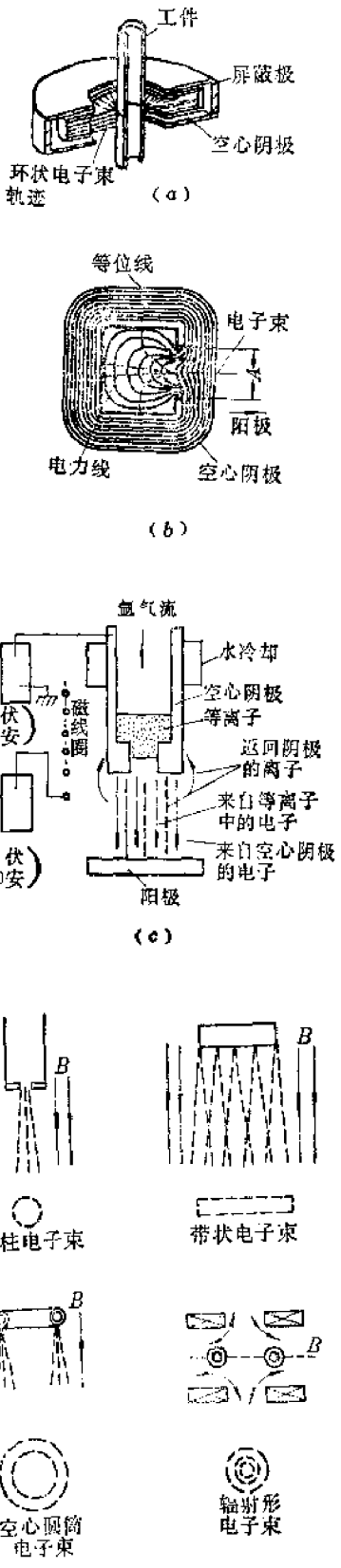
2．提高加速电压（一般为120～200千伏）。

等离子电子束焊接机

plasma electron beam welding machine

从放电形成的等离子中引出电子束用以焊接的设备。目前有二类：

冷阴极式（图a） 阴极处于负电位，底



等离子电子束焊原理和阴极形状示意图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

板、支持体及工件处于地电位。阴极材料为钽、不锈钢、铝或钼等，其上有一小孔 A。工作室通有 10^{-1}～10^{-3}毛的放电气体——氩或氦或氮等。在阴极和工件间加上 5～50 千伏的电压，即可放电，形成等离子。其中电子经如图 b 所示之电场聚焦、加速后打到工件上，进行焊接（还可拉单晶、区域熔炼、蒸发等）。为防止真空容器壁和阴极之间放电，阴极外侧加有一屏蔽电极。

热阴极式(图 c) 给处于 10^{-1}～10^{-4}毛空心阴极内通入适当的氩气流，借高频放电使其电离形成电压为 100～150 伏、电流为数安的等离子。该等离子在阴极和阳极（工件）之间的数十伏直流电压作用下，其中的正离子轰击阴极使其加热（温度达 2400°K 左右）而发射热电子，以后即使停止高频放电，也能进行自持放电。阴极为钨、钽等耐高温材料，并于外部加一磁场以稳定电子束并使之聚焦。电流可达数安到千安，功率可达 40 千瓦，效率可达70～80%。阴极可作特殊设计，以形成圆柱形、带状、空心圆筒形、辐射形等电子束（图 d），满足需要。

光束焊接机

light beam welding machine

利用光学透镜将电弧放电灯的光聚焦成极细的光束，以其热能来焊接材料的无接触焊接机。其能量密度相当大，可用来完成普通焊接机不易完成的工作：

（1）焊接薄膜金属、小零件和特殊材料。如对焊 1.0～0.2 毫米厚的软钢片、1.0～0.05毫米厚的不锈钢片或 1.0～0.2 毫米厚的钛片等。

（2）熔化如塑料和陶瓷等非金属材料。

（3）须避免杂质或压力的特种金属及精密件的高纯度和高质量焊接。

（4）在一定大气压条件下通过透明屏的特殊焊接。

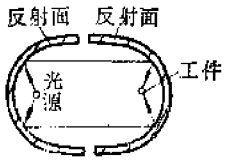
（5）高效率的银的铜焊和锡焊。

与电子束焊接机（成本高、操作复杂）和激光焊接机（需用极大的光源、笨重、成本高）相比，光束焊接机体积小、操作容易，只要控制光源的输出即可控制其能量密度。另外，成本也低。

红外线焊接机

infrared welding machine

系将焊件置于红外线光焦点上，利用红外线的热进行焊接的设备。其原理如图所示，将红外线光源置于旋转球体的一个焦点上，欲焊接工件置于其另一焦点上，即可瞬时完成焊接。红外线焊接机热效率高，多用于焊接高熔点材料，并易实现自动化。



红外线焊接机的工作原理图

七、光刻、掺杂设备

坐标刻图机

coordinategraph

是半导体制版工艺中，用来刻剥两层聚酯薄膜中不透光的一层，以获得放大 200～1000倍的电路原图的设备。它由导轨、刀架和刻刀构成。刻刀安装在能够起落并能沿导轨滑动的刀架上，导轨可作平移。利用直角坐标原理，借调节机构使刀尖和聚酯薄膜之间保持一稳定的接触压力，靠精密丝杠或其他传动机构的移动精度来保证各坐标点和线条的尺寸，即可刻制出掩模版的原图。

为适应大规模集成电路的需要，已发展成用计算机控制的“自动刀”刻图机。

自动制图机

automatic drafting machine

是靠计算机控制自动制作放大的集成电

路原图的设备。它主要由控制计算机、绘图台、绘图头等部分组成。将集成电路的设计图形数字化后，以穿孔纸带或磁带的形式输入给绘图机的控制计算机，即可控制绘图头进行制图。绘图头的运动形式与坐标刻图机相同，但绘图头的形式有多种。一种是采用一个光源和一套可互换的孔径，使光通过组合成所需图形的孔径，投影到感光塑料或玻璃干版上，便可在干版上产生出所需的图形，经显影，干版便成一块加工好的原图。一种是在绘图头上安装一刻刀，便可在两层聚酯薄膜的不透光那一层上刻出图形，经人工剥膜后得到原图。如在绘图头上安装上笔头，就可绘出放大的原图，而且可以用不同颜色的笔把要套刻的各层图形绘制在一块版上，以便检查设计情况。

初缩照相机

first reduction camera; microphotography camera

是将刻制或绘制的原图，进行一次缩小拍照，以制成初缩版的设备，也称一次缩小照相机。由于它的体积较庞大，因此，也有人将它称为大型照相机。该机原理与普通照相机相同，即系按透镜成像原理设计的。它主要由原图架、照相系统、观察系统、光源、机身等部分组成。有悬挂式(也称梁式)和落地式两种。初缩倍率一般为5～10倍。随着半导体事业的日益发展，初缩照相机逐步被直接制作中间掩模的图形发生器等设备所取代。

分步重复照相机

step and repeat photo-camera

又称精缩照相机，是半导体制版工艺中将初缩后的图形进一步缩小，并重复照相，使之在一块版上形成具有一定纵横间距的相同图形阵列，以制成光刻掩模版的设备。它主要由高分辨率的光学成像系统、纵横方向移动的高精度工作台、高可靠的电气控制系统组成。其工作方式有：停进式曝光——工作台拖动干版前进一步，停下来拍照一个图形，再前进、拍照；行进式曝光——工作台匀速前进，照相系统等时拍照；行进停进两用式。按结构有单头(工作台上放置一块干版，只有一个照相系统)和多头(同一工作台上放有数块版，相对应有数个照相系统)之分。这种照相机工作精度决定于工作台的定位精度。目前，工作台的定位方式有：丝杠定位(结构简单，但精度低)、光栅定位和激光定位等。

光栅定位分步重复照相机

grating positioning step and repeat photographic camera

为了得到纵横间距极为精确的图形矩阵，利用光栅所产生的莫尔条纹来对分步重复精缩机工作台进行精确的测量定位，即为光栅定位分步重复照相机。

激光定位分步重复照相机

laser positioning step and repeat photographic camera

为了得到纵横间距极为精确的图形矩阵，利用激光的光波干涉原理，来对分步重复照相机工作台进行精确的测量定位，即为激光定位分步重复照相机。

精缩照相机

photorepeater

即“分步重复照相机”。

掩模版比较仪

mask comparator

掩模版制成后必须进行质量检查，如直接测量图形和微细线条的绝对尺寸，比较测量两块版的套合情况，测量缺陷等。掩模版比较仪就是用比较的方法，对两块掩模版套合情况进行检查的装置。其工作过程是：在两个并列的微动工作台上，分别固定两块掩模版，通过光学系统把两块掩模上选定的图形放大后重叠起来，在一个目镜视场中观察，

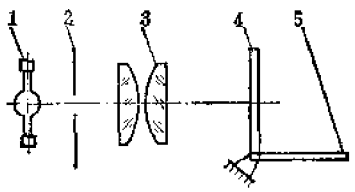
标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

调整微动工作台使两个图形重合或套准，并求出相互位置。当第一组图形重合或套准后，两掩模之间的相互位置就保持不变，这时，同时移动两块掩模版再观察第二组图形，就可判断一、二两组图形套准或重合情况的差异。依次类推，可对整个版进行检查。

掩模版复印机

mask printer

是把原始掩模复印成工作掩模的设备，其原理如图所示。



掩模版复印机工作原理图

光源 1 发出的光束，通过透镜组 3 变为平行光束，原始掩模 4 和待复印的版 5 靠真空吸附固定，两版之间用真空吸紧，启动开关，借快门 2 定时曝光，待显影清洗后即得工作掩模。整个机器装置在一净化工作台内。

甩胶机

photoresist spinner

是利用液体表面张力和高速旋转的离心力的作用，将光致抗蚀剂均匀地涂在基片表面上的设备，又称涂胶机、匀胶机。甩胶机按基片的运动方式可分为自转式、公转式及自转公转复合式。按甩胶机的工位数目可分为单头式或多头式。转速为几千转/分到一万转/分，胶厚为几百埃到几千埃。甩胶机常附有低温烘箱和排毒净化工作台。

涂胶设备

automatic double surface gluer

是彩色显象管荫罩制造专用设备之一，供钢带表面涂胶用。工作过程是：将钢带展开，用 80～90℃ 的碱液喷洗去油，用稀硝酸液喷蚀使钢带表面粗化，再用去离子水洗净后，用流涎的方法，在钢带表面涂上聚乙烯醇胶（PVA 胶），最后烘干收卷。钢带的传送，主要靠在中部的中间驱动装置来完成。

曝光设备

exposure equipment

目前，在半导体器件和集成电路制造中，广泛使用着一种光刻技术，它是一种复印图象和化学腐蚀相结合的综合技术。日常生活中，为在玻璃表面加工图案，可在玻璃表面涂以抗蚀层（如蜡），然后用精细的刻刀对抗蚀层进行刻划，并将刻露出的玻璃表面用氢氟酸腐蚀，再去除没刻划部分的蜡即可得到所需图案。光刻技术与它颇为类似，只是光刻不用蜡做抗蚀层，而用一种叫光致抗蚀剂的材料做抗蚀层。图案也不用刀刻划，而用能对光致抗蚀剂起作用（如聚合反应或分解反应）的物质，如紫外线、低能电子束等，按所需图形对抗蚀层照射使之发生变化（该步骤称为曝光）。然后，在适当的溶液中将曝光或没曝光的涂层溶掉（视所用抗蚀剂是正性还是负性及是用电子束还是用紫外线而不同），并用适当的腐蚀液腐蚀已溶去抗蚀剂部分的玻璃（称它为基片），再去除未溶掉的抗蚀层即可在基片上得到所需图案。

无线电工业上，用光刻技术在基片上制作图案有许多用途，如在蒸镀有一层金属的薄玻璃基片上光刻出所需图形，借助掩模版用紫外线曝光，或不用掩模版用电子束曝光，可在构成外延晶体管或半导体集成电路中外延层下面的硅片上，通过光刻技术开扩散窗口或制作互连图案。再如可在蒸镀或溅射有所需金属的玻璃、陶瓷基片上光刻出所需图形的薄膜电路、微波集成电路等。

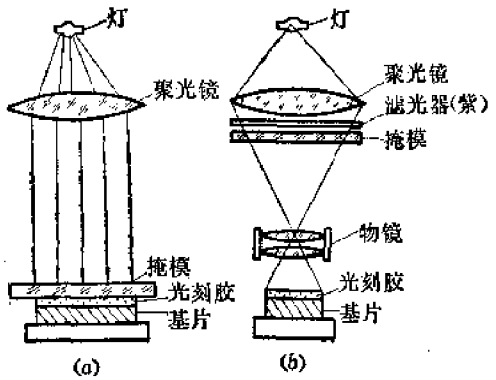
光刻技术中，用来完成其曝光工序的设备叫曝光设备。按所用能源及工艺特征，目前曝光设备分类如下：

曝光设备
- 紫外线曝光机
 - 紫外线接触曝光机
 - 紫外线接近曝光机
 - 紫外线投影曝光机
- 电子束曝光机
 - 电子束制版机
 - 电子束布线机
 - 电子束投影曝光机
- 软X射线曝光机
- 激光曝光机

紫外线曝光机

ultraviolet exposure machine

以发射紫外线光的水银灯为光源，通过掩模版对涂有光致抗蚀剂的基片进行照射，借紫外光对抗蚀剂产生的化学作用（聚合反应或分解反应），在基片上形成有与掩模版相同的抗蚀剂图形的设备。按掩模版与基片间的相互位置，有接触曝光机(图 *a*)、接近曝光机和投影曝光机(图 *b*)三种。



紫外线曝光机工作原理图

接触曝光机的掩模版和基片表面直接接触，因而掩模易磨损、分辨率低、精度差。接近曝光机系接触式的变种，它的掩模版与基片表面相距 2～20 微米以克服掩模易磨损的缺点，但因有光衍射，易使复印的图形变化。投影曝光机的掩模与基片不直接接触，用光学投影的方法将掩模版上的图形缩小聚焦于基片表面的抗蚀剂上，使之曝光，因而掩模寿命长，并可将掩模的尺寸作得比实际需要的大，避免了小图形制版的困难。同时还消除了因掩模版图形线度过小所产生的光衍射效应及因掩模版与基片表面接触不平整而产生的光衍射，提高了光刻精度。但投影曝光机精度（如镜头）要求高，操作怕振。

紫外线接触曝光机

ultraviolet contact exposure machine

见“紫外线曝光机”。

紫外线接近曝光机

ultraviolet approximate exposure machine

见“紫外线曝光机”。

紫外线投影曝光机

ultraviolet projection exposure machine

见“紫外线曝光机”。

自动曝光机

automatic mask alignment exposure machine

一种由光电转换系统将硅片和掩模上的定位记号误差转变为电信号，经计算机处理后，输入到程序控制系统，以完成对准、曝光等动作的设备。借自动控制系统硅片自动地从片架内送出，经传递、定位、对准、曝光后，又自动地返回到片架内。自动控制系统把对准误差限定在所需的精度以内（一般为 0.5 微米）。接触式曝光机、接近式曝光机、投影式曝光机等均可制成自动曝光机。

彩色显象管曝光台

color picture tube exposure device

是彩色显象管生产线专用设备之一，用来制作彩色显象管的荧光屏。

它主要由可发出强烈紫外线的灯室、可使管屏得到均匀曝光量的匀光板、模拟电子轨迹的光学校正透镜和对管屏重复定位精度高的工作台等部分组成。工作时，紫外线通过匀光板、校正透镜和栅网，对预先涂布在玻璃屏上的荧光粉剂进行曝晒，使得到感光的荧光粉剂固结在玻璃屏上，从而制成彩色显象管的荧光屏。

彩色显象管曝光台按其工作方式分可调式与固定式两类。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

荫罩双面曝光机

double surface exposure machine for shadow mask

是彩色显象管生产线专用设备之一，供荫罩曝光之用。这种设备根据光刻腐蚀原理，将荫罩图形曝光在预先涂好感光胶的钢皮的两表面上（然后经过显影、腐蚀，获得合格的荫罩）。

荫罩双面曝光机可对整卷钢带连续曝光，它由放卷机构、曝光机构、收卷机构、讯号器和螺旋氙灯等部分组成。全机以一个计数继电器发出讯号，循环地自动完成放卷、曝光、收卷等动作。

电子束曝光机

electron beam exposure apparatus

是用一束聚得很细的电子束，在计算机的控制下逐点扫描来制作光刻掩模版、集成电路的选择布线或在硅片上直接光刻的工艺设备。它由主机和计算机两大部分组成。主机产生 0.05～1 微米的细电子束，用静电偏转来控制电子束的通断，由磁偏转线圈产生电子束扫描，工件台则执行单元图形之间的分步重复。如用激光干涉系统来控制工件台，则工件台的定位精度可达 0.1～0.5 微米。由闪烁晶体光电倍增管或 PN 结组成的探头系统来确定电子束的定位。电子计算机则提供电子束通断、扫描以及工件台移动的讯号。

电子束曝光的主要特点是：

（1）精度高。高频、大功率、高集成度、低噪声等器件，要求制作亚微米细线条的掩模版。一般光学曝光用紫外线作光源，紫外线的波长为 0.4 微米，由于光的衍射效应，理论上不可能得到亚微米的细线条。而加速电压为 30 千伏的电子束其波长仅为 0.07埃，所以在制作亚微米细线条时不存在衍射现象。用电子束曝光能成功地得到0.1～1 微米的细线条。

（2）电子束曝光的过程是，先将画在坐标纸上的掩模版方块原图翻译成数字化图，即所谓编制计算机的控制程序，将编好的程序穿成纸带送入计算机，以后的曝光过程则全由计算机自动控制。这样就不需要一整套刻图、一次缩小、二次分步精缩、翻版等工序，从而减少了工艺过程所带来的不利因素，缩短了制版周期。特别在试制新器件过程中需要局部修改图形时，只需部分修改一些计算机控制程序的数据，因而大大缩短了新器件的试制周期。

（3）电子束焦深深。制作 1 微米的细线条其焦深可达几十微米，因此铬版和硅片不需要特别的挑选和研磨就能在较大的面积上得到均匀的细线条。

电子束制版机

electron beam mask-making apparatus

用于制作光刻掩模版。见“电子束曝光机”。

电子束布线机

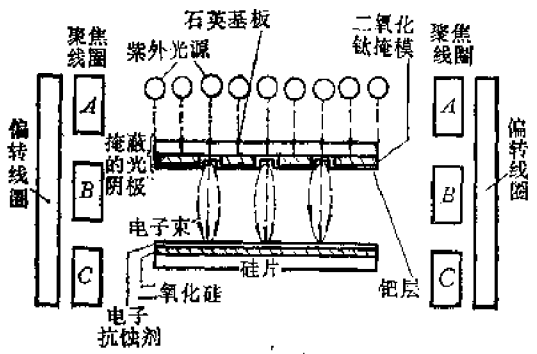
electron beam wiring machine

用于集成电路的选择布线。见“电子束曝光机”。

电子束投影曝光机

electron beam projection exposure apparatus

也叫电子束面曝光机、图形化电子束曝光机等，是综合了紫外线曝光机和电子束曝光机的优点发展起来的新型曝光机，其工作



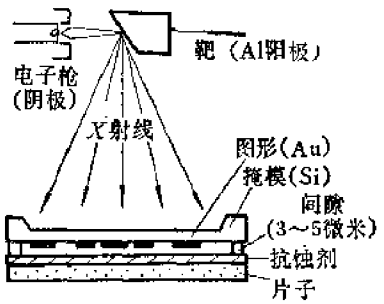
电子束投影曝光机原理图

原理如图所示。这种曝光机的关键是制作光电阴极。该阴极是在透紫外光性良好的石英基片上先制上不透光的钛掩模图形，再在其上蒸镀一层钯膜而成。紫外光照射光电阴极时，在紫外光通过没有钛掩模的部分上，钯层便发射具有一定能量的光电子。这些电子通过聚焦线圈产生的偏转磁场，并受到均匀电场加速，便可射到硅片上，使掩模的整个图形在硅片上以1:1的比例投影曝光。其主要特点是分辨率比光学方法的约高5倍，焦深比光学系统深10倍以上。

X射线曝光机

X-ray exposure apparatus

电子束曝光可获得亚微米的细线条，但因是逐点扫描而比较费时间，不如紫外线那样大面积同时曝光来得快。X射线曝光机是一种兼有电子束和紫外线曝光优点的新型曝光装置，其结构原理如图所示。



X射线曝光机原理图

电子束轰击靶发射出X射线，X射线通过掩模使硅片上的抗蚀剂曝光。这种掩模是在X射线透过性好的基片上，用吸收X射线强的薄膜制成的。曝光线条的分辨率通过调整掩模与硅片之间、靶和掩模之间的距离及靶的被轰击面来控制。曝光前的对准是根据探测器接收穿过掩模与硅片上的对位标记的X射线来实现的。

X射线曝光机是一种非接触式曝光机。由于X射线波长很短，因此穿透性强，对尘埃不敏感，可曝出很细的线条。而且很少出现衍射、散射，反向散射等现象。所以硅片表面不平、抗蚀剂薄膜不太均匀或抗蚀剂稍厚等对线条精度影响不大。

图形发生器

pattern generator; primary pattern generator

又称原图发生器，是集成电路制版工艺中省去画图、刻图和一次缩小而直接制作初缩版的设备。它主要由电气控制系统、曝光系统、X，Y向工作台组成。其工作过程是，将集成电路的设计数据（一般由计算机辅助设计给出）转换和编制成图形发生器的输入信息，打印在穿孔纸带或磁带上，成为表示整套集成电路掩模的数字化数据。把这种纸带或磁带输入给图形发生器的控制系统，以控制X，Y向工作台和曝光系统，便能在干版上曝光出原设计的图形。此版可直接用来分步重复成最终掩模。

图形发生器的曝光系统有数种形式：利用可变光栏照相机与矩形光栏成像的组合来曝光制作图形版；利用控制扫描激光束或电子束的通断产生各种图形；在一块版上制出各种图形的阵列（就象一个元件库，作为一次版长期使用），再将阵列中选定的图形缩小拍照，组合成所需要的图形。

选择布线机

discretionary wiring machine

是用来对集成电路进行选择布线的设备，其结构与图形发生器基本相同。它的工作是把测后的结果输入给计算机，计算机控制布线机使之按一定方式在干版或涂有光致抗蚀剂的硅片上曝光出各单元电路之间的互连图形。

显影机

developing machine

显影是将未感光部分的抗蚀剂（对于负性抗蚀剂而言）全部溶解，而又不使感光部分的抗蚀剂软化溶涨。完成这一工艺过程的

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

机器称为显影机。能自动装卸硅片，自动喷显影液的显影机称为自动显影机。显影机适用于半导体管及固体电路生产。

显影设备

developing apparatus

是彩色显象管荫罩制造专用设备之一，用来将已曝过光的钢带进行显影、干燥和坚膜。它主要由放卷机构、显影机构、烘干箱、老化箱和收卷机构等组成。这种设备是连续自动生产。

腐蚀设备

etching apparatus

是彩色显象管荫罩制造专用设备之一，用来将光刻成形之钢带腐蚀成荫罩。它主要由放卷机构、双面喷射腐蚀槽、水洗箱、中间驱动机构、脱膜槽、水洗室、乙醇脱水装置、烘干箱和收卷机构等组成。这种设备系立式连续自动生产。

等离子去胶机

plasma degumming machine

是光刻工艺中去除硅片表面光致抗蚀剂层的专用设备。其工作过程是，将涂有感光胶的硅片放入压强为 $10\sim10^{-2}$ 乇的纯氧气氛的石英反应室内，再利用高频电磁场使氧气电离成活化的氧离子体，则感光胶即可被氧化成二氧化碳及其他挥发性氧化物，而达到去胶之目的。

它由高频功率发生器、阻抗匹配网络、反应室、真空泵以及用来测量气体流量、真空度和功率的监控装置等组成。与氧化去胶法相比，具有操作简单、去胶速度快、硅片温度低、无毒等特点。

离子蚀刻机

ion etching machine

离子蚀刻机是利用高频辉光放电产生的荷能离子来蚀刻介质及金属材料的一种设备。在制造高速平面半导体器件及集成电路过程中，绝缘体和金属的高精度蚀刻非常重要，采用离子蚀刻有以下优点：

（1）几乎能蚀刻任何材料。

（2）设备简单（可使用简单的高频溅射设备）。

（3）系垂直蚀刻，因此几乎没有钻蚀现象，可用来在二氧化硅上开亚微米扩散窗口及蚀刻绝缘沟道等。

（4）能精确地控制蚀刻线条，并能均匀地沿直边蚀刻，适宜用来对薄膜电阻进行微调及腐蚀晶体管的接点金属层和形成高功率传输线。

（5）掩模和基片间的粘着不会影响腐蚀轮廓。

（6）适用于大量生产。

气相外延炉

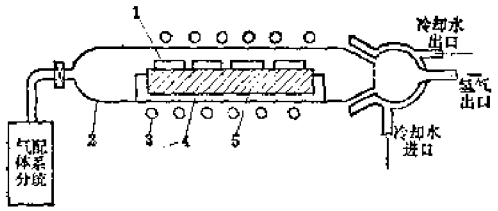
vapor epitaxial furnace

将半导体材料的蒸汽淀积在单晶片上，使它沿着单晶片的结晶轴方向生长出一层所需厚度和电阻率的单晶层的设备。它主要由产生淀积的外延反应器（室）、高频感应加热器、基座、气体分配系统等部分组成。按反应器结构，可分为卧式、立式、桶式几种。气体分配系统用来提供硅化合物和其他气体，通过正确控制使之按一定比例混合，并导入反应器。置于反应器中的硅片经高频加热，即可在其上产生淀积。气相外延炉必须配有空气净化装置，因为空气净化与否对外延层质量影响较大。

卧式外延炉

horizontal epitaxial furnace

反应器呈水平放置的外延炉(见图)。反应器有圆形和矩形两种，基座均为长方形。反应气流从一端进入，由另一端排出。这种炉子结构简单，装片容量较大。



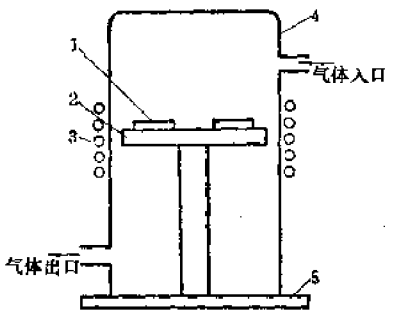
卧式外延炉示意图

1—硅片；2—石英反应器；3—高频感应加热线圈；4—石英舟；5—基片。

立式外延炉

vertical epitaxial furnace

反应器呈垂直方向设置的外延炉。它的气流方向垂直于硅片，因此气流和温度比较均匀，外延层的电阻率和厚度均匀性好，但装片容量较小。放置硅片的基座有旋转与不旋转的两种，基座旋转可使气流与硅片各处接触均匀，提高外延的均匀性与重复性。



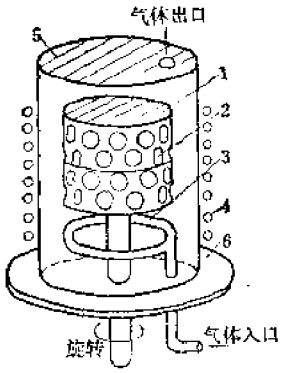
立式外延炉示意图

1—硅片；2—基座；3—高频加热线圈；4—石英钟罩；5—不锈钢底盘。

桶式外延炉

cylinder epitaxial furnace

也称圆筒式外延炉，其反应器和基座均为圆筒形。工作时，硅片放在可旋转的圆筒形基座周围的凹壁处。其温度及气流均匀性好，外延层缺陷小，装片容量高。



桶式外延炉示意图

1—可旋转基座；2—放硅片的孔；3—环状石英进气口；4—高频加热线圈；5—石英钟罩；6—不锈钢底盘。

分子束外延炉

molecule beam epitaxial furnace

也称真空蒸发外延炉，是一种在超高真空环境中，将喷射炉加热使装于其中的膜组分元素和掺杂剂元素蒸发而形成相应的分子束，然后沉积在衬底表面而得到单晶薄膜的设备。

分子束外延炉适于制造高频、大功率和高温器件。它的优点是：能生长极薄的单晶膜；且膜厚能准确控制，膜厚均匀；生长温度低，并能在膜生长的同时来改变膜的组分和掺杂，因而能生长交变的多层周期性结构；能连续地观测晶体取向和表面的生长结构及形态等。缺点是外延速度慢、设备昂贵。

化学气相淀积设备

chemical vapor deposition equipment

将气态物质经化学反应（热解、化学合成等）形成固态物质淀积在基片上的设备。用化学气相淀积技术，可淀积二氧化硅(SiO_2)、磷硅玻璃(PSG)、硼硅玻璃(BSG)、三氧化二铝(Al_2O_3)、铝硅玻璃(ASG)、氮化硅(Si_3N_4)和多晶硅等薄膜，以作表面纯化、多层布线绝缘介质和金属氧化物半导体(MOS)电路的栅极等。

这种设备与外延炉颇相似，由反应室、

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

气体分配系统、加热系统、控制系统等部分组成。将需要淀积的气相物质导入反应室，经热解或化学合成后淀积在硅片上。加热方法有高频加热、电阻加热、红外灯加热等。反应室壁大都进行水冷（称为冷壁式），也有不进行冷却的（称为热壁式）。根据反应室的形状，一般又有卧式和立式之分，其结构如图所示。

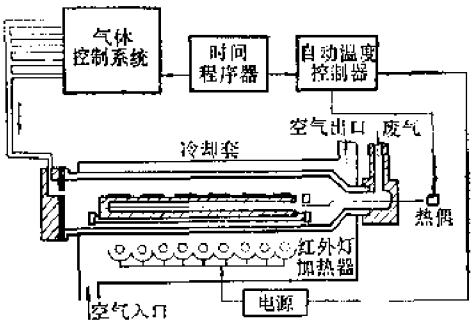


图 1　卧式化学气相淀积设备示意图

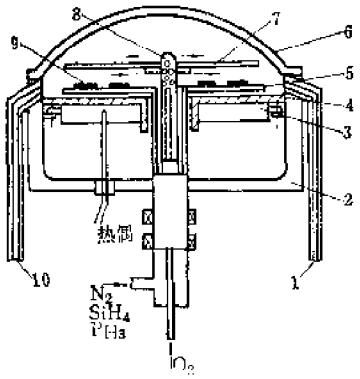


图 2　立式化学气相淀积设备示意图

1—废气出口；2—钟罩底座；3—加热器；4—加热器罩；5—石英盘；6—钟罩；7—石英罩；8—喷嘴；9—硅片；10—废气出口。

掺杂设备

implantation equipment

半导体器件和半导体集成电路制造中，将某种（或某些）杂质掺入半导体材料内，以使材料具有所需导电类型和一定的电阻率，用来制造 PN 结、电阻、埋层等。掺杂的方法很多，如合金法、扩散法、离子掺杂、电子束掺杂、激光掺杂等。完成掺杂工艺的设备叫掺杂设备。它的分类如下。

- 掺杂设备
 - 扩散炉
 - 高温扩散炉
 - 立式高温扩散炉
 - 卧式高温扩散炉
 - 双温区真空扩散炉
 - 激光功率源扩散炉
 - 离子注入机
 - 电子束掺杂机
 - 激光掺杂机

扩散炉

diffusion furnace

扩散炉是研制生产晶体管、可控硅和集成电路等半导体器件的工艺设备之一，主要用于扩散和氧化等工序。

扩散炉是一种能自动控制温度的电阻炉。由温度控制器、可控硅装置和炉体构成。炉体由保温材料、加热丝和炉管组成。温度控制器和可控硅装置对炉温进行自动控制，使炉膛温度保持稳定、均匀，以满足工艺要求。扩散炉的主要技术指标为：工作温度（即扩散或氧化所需的温度，一般要求在 900～1300℃）、恒温精度（即炉温允许的波动范围）、恒温区长度（温差小于 ±1℃的范围）、恒温精度（即炉温允许的波动范围）、炉管口径、温度恢复时间（即推放石英舟所引起的炉温下降到恢复至原来数值所需的时间）、升温时间（从室温升至 1200℃ 并稳定所需的时间）等。

扩散炉的种类很多，按每台炉子的炉管数可分为单管炉和多管炉；按结构形式可分为卧式和立式（一般多采用前者）；按恒温区长度可分为大、中、小三种，大型的恒温区为 600～400 毫米，中型的为 400～200 毫米，小型的为 200 毫米左右。此外还有双温区真空扩散炉和激光功率源扩散炉等。

目前正朝着单机自动化、程序控制和采用计算机集中控制的方向发展。此外，还要求配有附加装置，如净化台和气相掺杂系统等。

氧化炉

oxidation furnace

用于氧化工序的设备，见“扩散炉”。

单管扩散炉

single tube diffusion furnace

每台炉子只有一个炉管（直径为70～150毫米）、一套温度控制器和可控硅装置的扩散炉。它的结构简单，但由于受半导体工艺车间净化面积的限制，一般多采用多管扩散炉。

多管扩散炉

multiple tube diffusion furnace

每台炉子有二个或二个以上炉管的扩散炉。目前绝大多数采用三管炉。使用时将两台三管炉背靠背放置即成六管炉，它只需配置一套净化台，从而缩小了占地面积和节省了净化费用。此外可同时提供六种不同的工作温度，减少了工序间的周转，有利于提高产品质量和生产率。

卧式扩散炉

horizontal diffusion furnace

炉膛呈水平放置的扩散炉。其结构分为上下架。上架放置炉体，每个炉体有1～3个炉管，下架有温度控制器和可控硅装置，其数目与炉管数目相同。

离子注入机

ion implantation apparatus

将具有一定能量的离子打入固体内的物理过程叫离子注入。离子注入机就是用来在半导体基片中进行离子注入以获得所需杂质浓度的工艺设备。目前，离子注入技术正广泛地应用在半导体器件生产上。与扩散工艺相比，具有如下特点：

1．当注入离子的种类、靶原子的种类及退火条件一定时，结深仅取决于注入离子的加速能量。通过调节电压，可以准确地控制结深，并能做到使结深小于0.1微米。

2．杂质浓度取决于注入离子的剂量，剂量用电的方法可准确控制，故杂质浓度也可精确控制，且注入剂量的范围较广（10^{10}～10^{17}）。

3．离子注入是借离子的动能笔直地打入晶体内部的，故无横向扩散，方向性好。

4．采用多次注入法，较易实现浓度的特殊分布（如浓度的阶梯分布）。

5．由于采用了扫描技术，故可实现高精度、大面积均匀、重复性好的掺杂。

6．可以在常温下进行离子注入，因此，对在高温下易分解的化合物半导体材料很有好处。

7．随着微米级离子束技术的发展，可实现无掩模技术。这样便可用单束或多束离子束直接在半导体表面上“画”出所需的掺杂图样，大大简化了工艺流程。

离子注入机主要由离子源、质量分析器、加速聚焦系统、扫描系统、靶室、真空系统等部分组成（见图）。

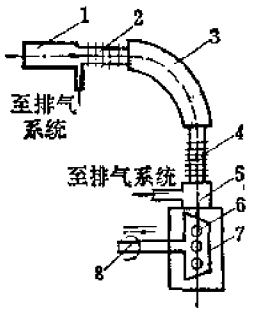


图1 立式离子注入机工作原理图

1—离子源；2—初聚系统；3—磁分析器；4—加速聚焦系统；5—离子束；6—硅片；7—机械扫描靶室；8—驱动系统。

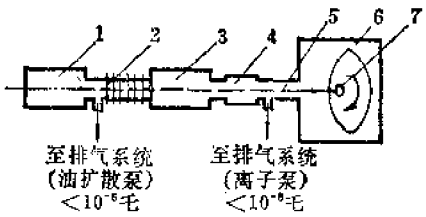


图2 卧式离子注入机工作原理图

1—离子源；2—加速聚焦系统；3—交叉场分析器；4—X、Y扫描器；5—离子束；6—靶室；7—单晶基片。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

离子源是产生离子并引出离子流的装置，其种类很多，目前用于离子注入机的主要有高频离子源、双等离子体离子源、冷阴极潘宁源等。

质量分析器是完成挑选所需离子的装置。从离子源出来的离子流一般都含有多种质量的离子，而实际需要的则是某一种离子，这样就要进行质量分选。注入机中应用的质量分析器主要有磁分析器及交叉场分析器。

加速系统是使离子获得所需能量的装置，根据加速系统放在分析器之前或之后。离子注入机分为前加速与后加速两种方式。后者对分析器要求低，因而体积小，分辨率高；前者靶室可以接地，因而操作方便。为了保证离子在传送途中散失少而又较集中地打在预定位置上，除加速系统的聚焦作用外，还常常另加有聚焦透镜。

扫描系统是为满足较大面积注入，且注入均匀而设置的束流偏转装置，有电扫描、机械扫描和电、机械扫描结合式三种形式。

靶室是安放半导体基片的地方。带有一定能量的离子在这里打入半导体内。有的靶室还附有高低温及净化装置。

真空系统是使主机获得一定真空度的装置。一般说来，靶室真空度高些为好。

离子注入技术不仅在半导体生产上，而且在其他工业部门也发挥着越来越大的作用。

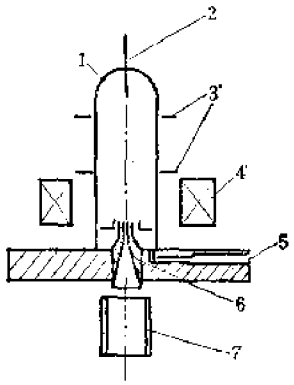
高频离子源

high frequency ion source

一种利用外加高频电场供给电子以足够的能量碰撞气体分子（或原子），使其电离放电的离子源，其作用原理如图所示。将气体通入石英或玻璃制的放电管内，当压强为10^{-2}～10^{-3}毛时，在高频振荡器作用下发生放电，形成等离子体。等离子体中的正离子在吸极负电位作用下穿过吸极孔被引出。

为了提高电离效率，尚加有外加磁场和聚焦电极等。

高频离子源的优点是结构简单、寿命长、电离效率高。缺点是散角大、束的能量分散度较大（约100～200电子伏）和亮度较小等。



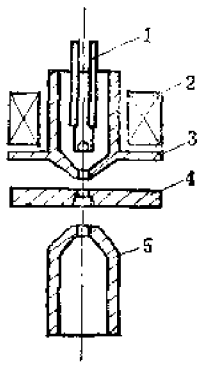
高频离子源原理图

1—放电管；2—阳极；3—高频电容耦合环；4—磁场；5—送气口；6—吸极；7—聚焦电极。

双等离子体离子源

double-plasma ion source

这种离子源由阴极1、中间电极3、阳极4、线圈2和吸极5构成（见图）。线圈在中间电极和阳极之间产生一轴向磁场，阴



双等离子体离子源原理图

1—阴极；2—线圈；3—中间电极；4—阳极；5—吸极。

极发射的热电子在中间电极和阳极电压加速下获得足够能量使气体分子电离，产生稳定的放电而形成等离子体。等离子体受中间电极的机械压缩后通过中间电极孔，再经磁场作用而在中间电极与阳极之间形成一柱形阳

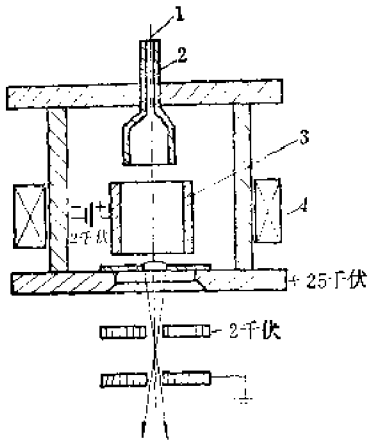
极弧，高密度的等离子体穿过阳极孔向吸极扩散，在吸极所加负电压的作用下引出离子流。

双等离子体离子源的优点是能量分散度小（小于10电子伏特），引出束的散角小，亮度高。缺点是阴极寿命短，但如给阴极加上一个硼化镧筒后，可大大提高阴极寿命。

冷阴极潘宁离子源

cold cathode Penning ion source

冷阴极潘宁离子源的简单原理是：经电场加速而获得足够能量的自由电子碰撞气体粒子（分子或原子）使之电离而产生放电（见图）。



冷阴极潘宁离子源原理图

1—送气口；2—阴极；3—阳极；4—磁场线圈。

这种离子源的优点是，由于不用灯丝，故工作寿命长，结构简单，在送气口可直接通入BF_3、PF_3等气体，还可在进气口附加一加热装置，以便将固体气化后导入放电室来满足对各种元素的需要。缺点是能量分散大。

电子束掺杂机

electron beam implantation machine

利用真空中被聚焦的极细的高能电子束轰击到半导体材料表面上，使其微小面积得到加热，以代替合金法、扩散法及外延生长法等半导体掺杂中的加热，来制作PN结等半导体器件的设备。

如根据合金法制PN结的原理，将P型或N型杂质薄片放在N型或P型半导体上，在真空中用电子束轰击该薄片，即可得到所需面积的PN结。未经轰击的杂质片，可用适当方法去除。

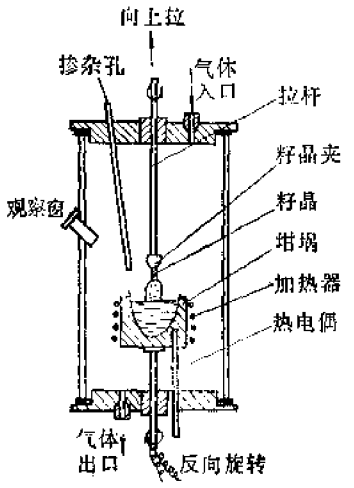
电子束掺杂不用掩模，工序简便；易制造微型结及特殊特性的器件；加工过程能直接观察，工作方便。

八、材料、零部件制造设备

单晶炉（直拉法）

singie crystal growing furnace (Czochralski method)

是拉制锗、硅、砷化镓、低溶点化合物及激光材料等单晶的设备（见图）。



单晶炉（直拉法）

运动部分：籽晶杆和坩埚，均可按需要进行旋转和升降运动。

加热方式：有石墨加热和高频加热两种。

温度控制：有开环稳压、闭环电压反馈、温度信号反馈和光信号反馈等方式。

速度控制：多采用无级调速，其方式有调节直流电机端电压的、有控制SYL系列力矩电机的，还有控制液压系统节流阀的。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

就其结构分：有单轴单晶炉、双轴（两个籽晶轴）单晶炉、双室（两个炉膛）单晶炉、液压（传动系统是液压的）单晶炉和片状单晶炉等。

高压晶体生长炉

high pressure crystal growth furnace

是在高温高压气氛下拉制单晶的设备。

禁带宽度较大的Ⅲ-Ⅴ族（如GaP、InP等）和Ⅱ-Ⅵ族（如ZnS、ZnSe、CdS等）化合物半导体以及红外材料$InAS_{1-x}P_x$化合物，在熔点时将产生很高的离解压力（几十个到几百个大气压）。这种设备就是用来先合成这种高离解力化合物（如将Ga和P合成为GaP化合物），然后拉制成单晶体。

它的主要特点是（1）采用液体封闭技术，即用一种透明的、化学惰性的、高纯度的、低密度的液体（如B_2O_3），把高温熔体封闭在坩埚中，然后在液面上（即炉膛内）施加一高压惰性气体（如氩气），其压力略大于上述化合物离解压力。（2）采用隔离操作。由于炉膛内压力高，化合物中有剧毒气体，所以一般采用闭路电视系统，在另一隔离的房间内观察和操作能源和气源。（3）为了减少辐射热损失，降低炉膛内壁温度和提高晶体质量，采用高频加热方式。

电子束单晶炉

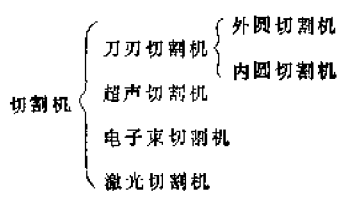
electron beam single crystal furnace

见“电子束区域熔炼炉”。

切割机

cutting machine

把陶瓷、石英、玻璃、铁氧体、半导体单晶等材料切成一定形状的设备。这类设备种类很多，按切割原理分类如下。



刀刃切割机

knife edge-cutting machine

在圆形或环形薄金属刀片的刃部镀上一层硬度很高、棱角很尖的金刚石细粒，以构成刀刃。当刀片高速旋转时，金刚石细粒因与被切材料磨擦而实现切割。凡用此原理进行切割的设备通称为刀刃切割机。利用转动的圆形刀片的外刃切割的叫外圆切片机；利用环形刀片内刃切割的叫内圆切片机。与外圆相比，内圆刀片可以做得薄些，直径大些，以减少材料损耗和增大切割尺寸。因此，内圆切片机在电子工业中应用较为普遍。根据刀片回转轴线的呈向有卧式和立式之分，但其结构大致相同。它主要由主轴刀盘、进刀、退刀机构、被切料夹持机构和送进机构、冷却液体输送系统、电气控制系统等部分组成。为了满足定向切割晶体的需要，某些设备还附有单晶定向装置。自动切片机除人工粘结被切料和选定切割参数外，其余工作均由程序控制系统完成。

外圆切片机

outside diameter slicer

见“刀刃切割机”。

内圆切片机

inside diameter slicer

见“刀刃切割机”。

石英晶体切割机

quartz crystal cutter

是切割石英晶体的设备。根据石英晶体的特性，这种设备分为万能切割机和专用切割机两种。万能切割机用于将石英切割成条料和大片料；专用切割机用于将石英切割成具有某种所需角度的片料。

这种设备采用气液联动系统，具有气压灵敏、反应迅速，液体不可压缩、工作平稳等特点。刀片装于一主轴上，主轴沿三导柱上下运动进行切割。工作台上有三向坐标可调机构，全机采用晶体管控制线路进行全自

动切割，也可进行半自动切割。

石英晶体具有各向异性的压电效应，可利用这种特点来制造振荡器。切割石英晶体时要求有严格的内部晶体角度误差，所以要求设备具有三向调整机构。为了节约石英材料和减少研磨量，要求切割的精度和光洁度越高越好。

变压器C型铁芯切割机

transformer C-core cutting machine

是用来将卷绕成环状的铁芯切成两半（C型）的设备。

这种设备类似一台磨床。工作时，铁芯置于工作台的电磁吸盘上，砂轮高速旋转，工作台自动纵向进给达到切割之目的。工作台进给速度可调。这种切割机还有液冷机构。

电子束切割机

electron beam disconnection machine

见“电子束加工设备”。

超声切割机

ultrasonic cutting machine

在作纵向超声振动（一般为18～25千赫）的工具头与加工材料之间注入磨料混合悬浮液时，由于工具头的振动，磨粒就以极大的力量冲击工件，使加工部件受磨粒敲打而碎裂下来，从而加工成和工具头端面相同的形状。超声切割机即是根据这一原理来加工各种硬脆材料的设备。一般由声学头、支架、工作台、磨粒悬浮液供给系统和机座等部分组成。声学头振动系统包括振子（作换能器用）和棒状聚焦器（变化截面，并将振动传给工具头）。根据加工需要，工具头可做成圆筒、薄片等形状。该设备可用于：（1）在硬质合金上制阴模；（2）制造光学仪器的玻璃零件和无线电装置的陶瓷零件；（3）切割石英、半导体、铁氧体等材料。

激光切割机

laser cutting machine tool

是利用聚焦后的激光束切割材料的设备。主要由激光器、电源控制部分和光学、机械系统三部分组成。它是利用聚焦后的激光束具有极高的功率密度这一特点来对材料进行切割的。它可切割各种高硬度、高熔点的金属和非金属材料，并且具有切缝窄、速度快，即使是脆性材料也能方便地进行切割等优点。

激光切割机已成功地应用于切割钢板、钛板、石英、陶瓷以至布匹、纸张等。

激光切片机

laser slicing machine

见“划片机”。

划片机

scribing machine

是一种将单元电路（或元件）的半导体薄片分割成既定小单元的设备。

设备利用真空吸附的办法，将欲加工的薄片安装在可横向移动的工作台上，用装在机架上作纵向移动的金刚石刀具进行划片。这种设备称为金刚石划片机。利用激光束代替金刚石刀具对半导体进行划片的，称为激光划片机。

激光划片机具有无接触、不产生机械应力、细的划痕、小间距等优点，并提高了材料的利用率。但由于它较金刚石划片机复杂，故应用上受到一定限制。

激光划片机

laser scribing machine

见“划片机”。

研磨机

lapping machine

是利用磨料将石英晶体、光学玻璃、陶瓷、半导体片表面磨成所要求的光洁度并具有一定弧度或平直度的设备。一般由上下磨盘及传动机构组成。磨盘形状与大小由加工对象而定。按研磨盘的运动形式，研磨机可分为单偏心、双偏心、游星式、普通式、反转式等种类。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

双偏心研磨机是下磨盘转动，上磨盘作多轨迹“8”字形（由两个偏心距合成）运动，工件粘结在上磨盘或下磨盘上，常用来研磨、抛光石英晶体或光学玻璃的平面、凹面和凸面。游星式研磨机是由转动的齿轮带动上下研磨盘之间的游星轮作自转和公转进行研磨的，它只能加工平面。当工件放在比它薄的游轮孔内时，可对两面研磨。当粘在游轮上时，可对一面研磨。普通式研磨机是把工件粘在小的上磨盘上，借上盘重力压在下盘上，上盘随下盘转动而对工件进行研磨。当上磨盘与下磨盘作相反转动时即成反转式。它们也只能加工硅片等的平面。研磨机工作时均需加研磨液。

抛光机

polishing machine

是对研磨后的硅片、玻璃、石英等的表面进行抛光的设备。其结构与研磨机相同，只是抛光机的研磨盘上覆有绒布、毛呢等软质材料，所用抛光液比研磨液细。

化学机械抛光机

chemical-mechanical polishing machine

是利用机械抛光和化学腐蚀的原理对硅片表面进行抛光的设备。其结构与平面研磨机大致相同，但设备应能耐腐蚀。

球面铣磨机

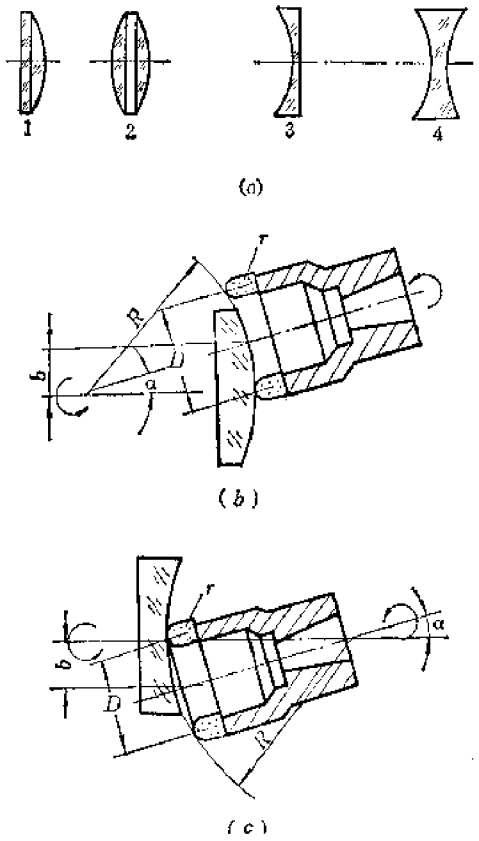
spherical surface milling-crinding machine

供石英晶体、玻璃等球面铣磨粗加工用。其原理系采用筒形金刚石砂轮范成磨削法（见图），即砂轮轴与工件轴相交成α角，两轴同时旋转时，砂轮口相对于工件运动的包络面为一球面。设包络面的曲率半径为R、砂轮中径为D、砂轮口的圆角半径为r、偏角为α，则它们之间的关系为：

$$\sin\alpha=\frac{D}{\alpha(R+r)}\qquad\text{（凸面）}$$

$$\sin\alpha=\frac{D}{\alpha(R-r)}\qquad\text{（凹面）}$$

本机用真空吸附法装夹工件，由电气和凸轮控制进行半自动铣磨。



球面铣磨机铣磨工作示意图

（a）铣磨工件形；（b）凸面铣磨；（c）凹面铣磨。

玻璃滴料机

apparatus for feeding molten glass

是自动输送玻璃液滴的设备。它接在玻璃池炉的通道上，流过通道的玻璃液经过搅拌，由冲头挤出滴料口，再由剪刀剪切成所需的液滴，以便供给吹泡机或玻璃压机使用。液滴的重量及生产率均可调。

玻璃拉管机（卧式）

glass tubing drawing machine

用来拉制玻璃管。它由旋转管机（机头）、拉玻璃管辊道（机身）、牵引拉管机和空气稳压装置等部分组成。

工作时，熔化了的玻璃熔液流到机头上转动着的旋转管上（旋转管中通有压缩空气），经过拉管辊道进入机尾的牵引带被拉成

玻璃管，最后由机尾切割机构按所需长度切断。所拉的玻璃管直径在一定范围内可调。

玻璃管切割机

glass tube cutter

是一种将长玻璃管截成预定长度的设备。为要将长玻璃管截成所要求之短管，一般有两种方法：（1）磨削法——使用机械磨削法将玻璃管磨断，达到切割的目的，有钢轮切管机、砂轮切管机等。（2）局部应力法——预先加热玻璃管至一定温度，然后在预截断处进行急骤冷却，造成局部应力集中而使玻璃管炸断，达到切割的目的，有火焰切管机、热丝切管机等。

电子束管自动吹泡机

automatic electron beam bulb blowing machine

是自动吹制电子束管玻壳的设备。这种设备为十头圆盘直立式，采用滴料式供料机供料，可自动完成挑料、吹底泡、滚铁碗、甩料和吹成泡等动作。

通过更换铁碗、模具等可吹制不同形状的玻璃壳。

玻璃压机

glass article forming machine

是压制玻璃制品的设备。

它由动力源、冲压机构、工作台和机械手等部件组成。冲压机构的冲头作上下运动以完成制品压制。

玻璃压机有手动和自动的两种。手动玻璃压机的每一部件的每一动作均由人工操作，即在同一工位上，由人工依次完成上料、冲压、冷却、下料各工序。自动玻璃压机通常采用多工位的结构形式，它有一个可自动转位的工作台和一般都有一个与压机动作相协调的供料机构。各部件的动作能按程序自动进行，即在不同工位上，依次自动完成上料、冲压、冷却、下料各工序。

拉丝机

wire drawing machine

用来拉细金属丝的设备。其原理是将丝坯穿过拉丝模，由拉拔机构拉拔，迫使丝坯产生塑性变形而拉成较坯料为细的丝。

拉丝机种类繁多，结构型式不同，但其基本原理都是相类似的，它们分别用于拉钨丝、钼丝、铜丝、钢丝等材料。拉丝机按拉拔机构运动方式有直线式和旋转式之分。前者用于拉粗丝，后者用于拉细丝。按材料性质有热拉和冷拉之分。前者速度低，用于拉可塑性差的钨丝等。后者速度高，用于拉可塑性好的铜丝等。按一根丝坯通过模子的次数有一次（又叫无滑动式）和多次（又叫滑动式）之分。前者用于拉可塑性差的材料，后者用于拉可塑性好的材料。

绕丝机

spiral filament forming machine

是用来绕制各种灯泡或电子管的热丝的设备。此类设备因其制造对象不同，故品种繁多。比如，有灯丝绕丝机、万能绕丝机、间隙绕丝机和双螺旋绕丝机等等。

虽然这类设备品种较多，但绕丝的原理却大同小异。比如，绕螺旋状灯丝的绕丝机就是用一个带有金属丝并高速旋转的车头和一个作匀速移动的芯丝（胎具）将金属丝绕于芯丝上。至于间隙绕丝机，只是增加一个凸轮机构，以改变车头上螺旋丝和芯丝的相对位置，达到绕制间隙式热丝的目的。

自动绕栅机

automatic grid winding machine

是绕制小型管各种栅极的专用设备。它是用机械切压法来固结栅丝与边杆，绕制网状栅极的。

工作时，边杆既作平行移动又作旋转运动，这样绕制的栅条较短，约280毫米。另一种是边杆只作平行移动不作旋转运动，而栅丝作旋转运动，这样绕制的栅条较长，达

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

1200毫米。

自动绕栅机可绕制等节距栅极，也可绕制变节距栅极。通过更换绕栅模，可绕制各种不同形状规格的栅极。

金属陶瓷管栅极制造机

grid machine for ceramic-metal tube

是制造金属陶瓷管栅极的设备。不同型号的管子，栅极结构不尽相同，因此，绕栅机的结构也各不相同。例如，FU-100F金属陶瓷管的栅极（由底座、九十四根栅丝、腰箍和栅帽等组成）这种设备机为半自动式，主要由主轴箱、芯模座、焊接机构、送切腰箍机构、凸轮机构、上下料机构和电气箱组成。九十四根栅丝由芯模座上九十四个放线轮上引出并收拢在芯模上，逐根焊接腰箍，其间距均由凸轮控制，焊好后自动切割并卸料。它采用连续的正弦波和可控硅两种焊接电源。

因制造的栅极有一、二栅之分，故本机有一栅制造机和二栅制造机两种。

切丝机

filament cutter

是生产白炽灯泡的设备之一，用来将绕丝机绕成的连续灯丝按照规定的长度切断。它主要由放线轮、导入嘴、输送轮、平橡胶带、导出嘴和飞刀盘等组成。工作时，灯丝从放线轮穿入导入嘴，经输送轮，平橡胶带送入导出嘴，飞刀盘上的飞刀在导出嘴口将灯丝切断。灯丝的长短可通过更换输送轮来控制。

切头机

cutting-head machine

烧结的圆形管座外引线往往长短不一，需要切齐，切头机即是利用高速转动的薄片砂轮外刃来切割管座外引线头部的设备。有单头多工位，双头多工位等形式。

阴极套管收口机

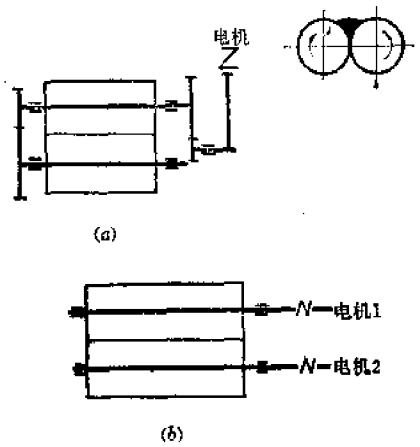
cathode shield tapering machine

供阴极套管缩口用。它主要由带有弹簧卡头的空心主轴和圆周装有缩口模子的鼓轮两部分组成。工作时，主轴带着阴极套管旋转，鼓轮沿导轨从右边靠近主轴，使套管的一端进入缩口模子，鼓轮不断转位更换模子，致使阴极套管的端头不断缩小直至达到要求。

炼塑机

plastics processing mill

供软硬热塑性塑料的塑炼、混炼、压片等用，它的工作过程是：电机驱动一对辊筒作相对不同速度的转动，把料拉入两辊缝间进行辊压加工。驱动分单电机驱动和双电机驱动（见图），亦可根据电动机安装位置的不同分为左右传动。



炼塑机工作示意图

a—单电机驱动；*b*—双电机驱动。

炼塑机（开放式、密闭式）的型号均以辊筒直径和有效工作长度分类。其加热方式有蒸汽加热和电加热。

炼塑机也可用在炼胶工业上，但加热需改成冷却。

塑料封装机

plastic packaging machine

对集成电路和半导体器件进行塑料封装的设备。由加热、加压系统，塑料注射系统和模具等部分组成。

自动成型压床

automatic forming press

是压制钽电解电容器芯子的设备。它能将钽粉压成圆柱形状并在一端露出一定长度的钽丝。这种压床为曲轴压床。它能完成自动送钽粉、钽丝、切断钽丝、压成型和自动出模等动作。

自动压片机

automatic tablet press

是一种曲柄压机，用来把塑料、陶瓷等粉末压成各种形状的薄片。这种设备能自动完成加料，冲压和出料等工序。

编织机

braider

供编制电缆电线外护层用。它一般由收、放线机构及编织头组成。编织头上有金属线锭多枚，分上、下二层配置。上锭按导盘环面逆时针滑动，下锭通过曲线盘顺时针滑动并同时上下摆动。

绕线机

coil winding machine

是将漆包线或裸线按一定的规律排绕到一定形状的骨架上，使其成为各式线圈的设备。它能绕制变压器线圈、线绕电阻线圈和线绕电位器线圈等。一般由传动、放线、排线和绕线机构组成。根据不同用途可分为下列几种：

（1）平行绕线机：用于在截面为长方形或圆形骨架上平行排绕，制成变压器线圈或精密线绕电阻线圈。一般为多层排绕。

（2）环形绕线机：用于在环形骨架上绕制环形线圈，能单层排绕、也能多层排绕。

（3）蜂房绕线机：用于缠绕交叉和通用线圈。

（4）线绕电阻器绕线机：用于绕制被釉线绕电阻器绕组。一般为单层排绕。

（5）精密电位器绕线机：用于绕制精密线绕电位器绕组。一般为单层排绕。

（6）多圈精密电位器绕线机：用于绕制多圈精密电位器绕组。

变压器C型铁芯卷绕机

transformer C-core reeling machine

用来卷绕变压器C型铁芯。

它主要由卷绕轴、尾顶尖、放料盘、剪刀和焊头五部分组成。工作时，把卷绕芯子安装在卷绕轴和尾顶尖之间，将一定宽度涂有绝缘层的硅钢带从放料盘放出，经过导轮、剪刀插入卷绕芯子固定槽内，再用压轮压紧，然后卷绕，铁芯绕成后即自动停车。最后用焊头焊住，以防松散。

电容器芯子卷绕机

capacitor core reeling machine

供卷绕纸介电容器或金属化纸介电容器芯子之用。它由两个铝箔轴、多个纸卷轴、离合器、自动计数机构、油压缓冲器和导辊等组成。卷绕圈数由计数机构自动控制。这种卷绕机系半自动的。

此类设备通常由轴数命名，如四轴、七轴、八轴、十轴、十二轴、二十四轴卷绕机等。

切纸切箔机

paper and foil cutter

用来将成卷的电容器纸及各种金属箔切割成所需宽度并卷成卷。这种设备主要由机座、放纸架、过纸滚、上下刀轴、上下卷绕轴等部分组成。按所需宽度将圆刀片装在上下刀轴上，工作时，原材料自放纸架上放出，经上下刀轴间滚过，经过纸滚再卷绕在上下卷绕轴上。它是连续送料、切割、卷绕的专用设备。

插针成型机

plug pin forming machine

插针是组成插头插座之主要零件之一。插针要求具有良好的导电性能，足够的机械强度和适当的插拔分离力。

插针成型机采用无屑加工。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

插针成型机是用于加工小型插头座插针的自动冷镦成型设备。插针用铜丝经校直、落料、车削针尖、冷镦台肩和引线槽等工序制成。通过更改模子的结构形状可获得不同规格的插针。

插孔成型机

receptacle forming machine

用于加工小型插头座插孔的自动成型机。插孔是将铍青铜带经放卷、落料、压弯、成型和整型等工序自动完成的。插孔的规格可通过更换模具并相应更换自动送料之凸轮机构来获得。

管脚制造机

base pin machine

是制造小型管脚的设备。它主要由拉管和成型机构两部分组成。工作时，带状铜皮料经拉管部分拉成铜管并切成一定的长度，再送到成型部分压制成管脚。管脚制造机系全自动的。

自动攻丝铣扁机

automatic internal-threading and flat milling machine

供加工可变电容器动片轴四个平面和轴端钻孔攻丝用。工作时，倒入振动料斗的坯件，顺螺旋槽自动上料，经定向槽利用重心自动排列，并按要求自动翻转180°后落入料仓，料仓满后即自动停振。下端由隔料器控制，周期性地单个下放坯件，并自动落入由间歇机构操纵的六工位转盘之钳口。随着间歇机构的转动，铣、扩、钻、攻依次自动完成。第一工位坯件在钳口里被自动定位和夹紧，第二工位铣四个平面，第三、四、五工位打中心孔、钻孔、攻丝，第六工位自动卸料。

在出现丝锥折断、缺料、倒料和卡料等情况时，均能自动停车，并发出呼号。

云母片铆装机

sheet mica riveter

供收信放大管云母片铆装用。它是用两个空心镍管铆钉把两片云母片铆成一体的。铆钉和云母片上料均采用振动料斗（云母片上料也有用真空吸头的）。若料未上或漏上即自动停车。云母片铆装机有一立式转盘，共八个工位。转盘由间歇机构（马氏盘）初定位后，再进行精密定位。这种设备系单机自动的。

环状消气剂压粉机

ring-shaped press for getter

用于将消气剂粉料压固于消气剂环的槽中。它的主体是一个连续旋转的转盘，六套模具均布于转盘圆周（包括上下冲头和中模），转盘的外围布置有上环、加粉、压粉、出料等机构。当模具从这些机构中经过时，便自动完成相应的工序。操作时只需定时地将消气剂环加入上环机构的振动料斗中和将消气剂粉料倒入加粉机构的粉斗中即可。

方形消气剂制造机

getter packaging machine

是将预先压成的消气剂片包在方形镍壳内而制成为方形消气剂的设备。它的主要动作有：送料、冲坑、弯边、送片、检测、压边、成形和切割。全部动作都是自动化的。

真空浸渍设备

vacuum impregnation equipment

物质或物体表面，一般都或多或少、或大或小地存有凹凸处和细孔，空气中的水分则往往要潜入其中产生许多不良后果，如电气材料绝缘强度降低，金属材料表面生锈等。所谓真空浸渍设备，就是在真空中将上述多孔性材料进行脱气、脱水处理，再将能提高该材料性能的物质尽量深地浸透、淹埋于凹凸处和细孔中之设备。它一般由一个或二个浸渍罐、冷凝器、油罐及真空泵等组成。

九、分析测试设备

电子探针

electron probe

一种利用高度聚焦的电子束射到试样表面，使之受激发发出X射线，根据这些X射线的光谱和强度进行定性、定量分析的仪器。其主要特点是能对极小的样品（小于1立方微米）和在极小的表面积上进行定性和定量分析，分析范围为Na^{11}～U^{92}，灵敏度为100～1000ppm。可用来分析半导体材料的微区域杂质和器件工艺中的扩散层等，但灵敏度不太高，应用上受到限制。

离子探针

ion probe

用聚焦离子束射击试样，试样受激后发生反映试样特征的离子束，由质谱仪检测得出分析结果的仪器。它具有质谱仪的高灵敏、全分析的特点，又兼有电子探针微区分析的性质。可对试样极小表面（最小直径可达1～2微米）和极浅深度（几个微米）进行分析。在对物质的表面研究和制造中，尤其重要。如可用来分析经工艺处理的半导体材料表面的杂质分布、蒸镀层的厚度和均匀度等。

质谱仪

mass spectrometer

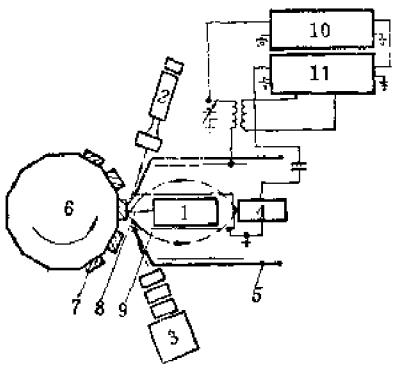
一种根据质量差异而进行分析的仪器。它是先使元素电离成正离子，然后在电场扫描作用下，使不同荷质比的离子顺序地到达捕集器，发生信号，加以记录和构成质谱图的。其种类有单聚焦质谱仪（磁聚焦质谱仪）、双聚焦质谱仪、飞越时间质谱仪、四极质谱仪、高频质谱仪等。它能分析所有元素，灵敏度一般为0.001～1 ppm。双聚焦质谱仪的性能最好，测量范围可达1～6400(m/e)，分辨本领可达25000。质谱仪在半导体材料上的应用，主要是超纯分析。

奥格电子能谱仪

Auger electron energy spectrometer

又称奥格谱仪。它是基于下述原理制成的，电子打到材料表面上，除产生X射线外，还激发出奥格电子（原子的自电离），由于奥格电子的穿透力很差，故可用来分析距表面10埃深，即几个原子层的成分。如果配上溅射离子枪，则可对试样进行逐层分析，得出杂质成分的剖面分布。

奥格谱仪结构如图所示。电子枪用来发



奥格电子能谱仪原理图

1—电子枪；2—副电子枪；3—溅射离子枪；4—电子倍增器；5—磁屏蔽；6—样品台；7—样片；8—奥格电子；9—10—$x-y$数据显示或示波器；11—锁定放大器。

射电子束，以激励试样使之产生包含有奥格电子的二次电子；电子倍增器用来接收奥格电子，并将其送到奥格能量分析器中进行分析；溅射离子枪用来对分析试样进行逐层剥离。

奥格电子谱仪的特点是分析效率高、范围广，除氢、氦等元素外几乎所有元素都可进行分析，其中尤其对轻元素更为有效，因而补充了电子探针（X线微区分析）的不足。主要用来对材料表面层和表面吸附层进行分析及分析金属截面层的变化、离子掺杂浓度的分布和钠离子的污染等。

电子显微镜

electron microscope

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

电子穿过电磁透镜跟光线穿过光学透镜有着相似的成象规律，这种规律是电子光学的研究对象；作为物质的基本粒子之一的电子，象光子一样，不仅有粒子的特征，也具有波动的习性，它构成了量子电子学的研究内容。电子显微镜便是电子光学和量子电子学的实用产物。

电子显微镜用电子枪和电、磁透镜作“光源”来照射样品，样品是按被观察实物的表面复制成的薄膜。由于复制膜的厚薄随实物面的凹凸而异，所以穿透“样品——光栏”系统的电子经散射后也相应地疏密各异。这种相应的分布经电、磁透镜系统放大，在荧光屏上点点成像，即得到被观察实物的放大像，以供观察。其原理如图 1 所示。

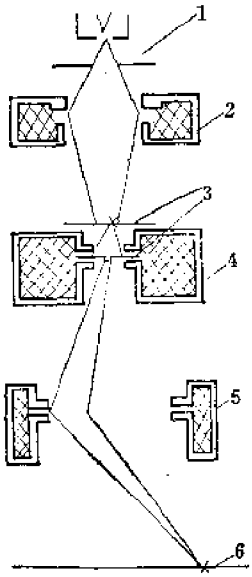


图 1　电子显微镜原理图

1—电子枪；2—聚光镜；3—样品、光栏；4—物镜；5—放大镜；6—荧光屏。

电子显微镜的主要指标是分辨样品细节的能力——分辨率。分辨率随电子加速电压的提高而提高，在 100 千伏以上可达 5 埃（1 埃=10^{-8}米）以下。这个数量级已接近分子结构的间距，所以是观察物质结构的有力工具。它可分析材料的位错、层错、薄膜或污染物质的结晶化合物成分以及金属互化物、腐蚀产品的结晶成分。它促进了金属学、生物学、医学等的发展，在科学研究上有着广泛用途。

扫描电子显微镜是用细电子束在样品面上扫描，再把各扫描点派生的次级电子（如二次电子、反射电子、吸收电子、荧光、X 光、奥格电子等）予以接收、放大，然后在显象管的荧光屏上排列成相应的扫描分布图象。以此来研究样品的形貌、成分以及其他电子学效应。其原理如图 2 所示。

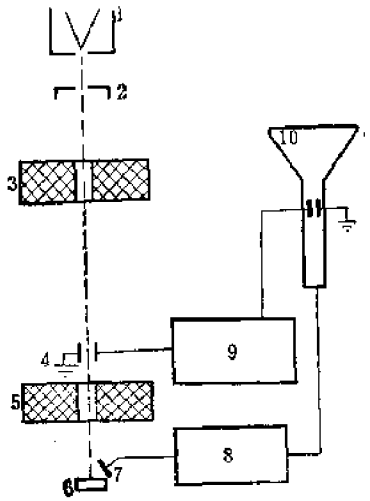


图 2　扫描电子显微镜原理图

1—电子枪；2—阳极；3—聚光镜；4—扫描系统；5—会聚系统；6—样品；7—探头；8—放大器；9—扫描发生器；10—显象管。

扫描电子显微镜的特点是：景深深，视场调节范围宽，能直接观察样品，对各种信息检测的适应性强，所以迅速发展成实用的观察分析工具。

扫描电子显微镜

scanning electron microscope

见“电子显微镜”。

显微镜

microscope

用来获得细小物体放大像的光学仪器。显微镜的光学系统包括物镜与目镜。物镜可给出物体的放大了的倒实像，此像通过能给出放大正虚像的目镜，可以观察到。最后的

像用眼睛观看或用照相机拍摄下来。

显微镜放大率等于物镜的线放大率与作为放大镜的目镜放大率的乘积。在不同的系统中，放大率可从20倍到3000倍。像的质量由像的反衬度和相近物体或物体细节的可分辨程度来决定。

像的反衬度与物体吸收光的能力有关。显微镜的分辨能力受到衍射现象的限制。如果两物体之间距离小于$\frac{\lambda}{2a}$（λ为光波波长，a为物镜的数值孔径），那么它们的像就会重合而无法分辨。在可见光范围内，此量不小于0.16微米。为了增大分辨率，可采用浸没法，也可采用减小光波波长，例如用紫外线。

显微镜由于用途不同，因而结构上有多种多样，名称也不同。在半导体工业中，由于工艺加工非常精致，肉眼看不清，所以许多操作必须在显微镜下进行。常用的有最普通的双目实体显微镜、红外显微镜、金相显微镜、干涉显微镜等。

金相显微镜

metallographycal microscope

一般用来观察金属或合金的显微组织所用的显微镜叫做金相显微镜。其光源是反射式的。金相显微镜放大倍数一般为100～2500倍。

根据要观察的表面情况不同有各种照相办法，如有所谓亮场与暗场。金相显微镜一般都带有照相机。

在半导体材料和器件的生产和研究中，为了仔细观察样片表面沾污、晶体结构、光刻图案等，经常采用金相显微镜。

干涉显微镜

interference microscope

简单说来，在一般的反射式照明的普通显微镜的物镜上加上干涉仪就称为干涉显微镜。为了得到相干的两束光，一般由一光源发出的光束经过一块半透镜分成一束透射光和一束反射光。如果这两束光的光程不同，那么当它们又会合在一起时将显出干涉条纹。干涉条纹情况与两条光的光程差有关。这就是干涉显微镜作各种测量的基本原理。

干涉显微镜可用来测量精密加工表面的光洁度，也可用来测量表面刻线槽的深度等。

在半导体研究与生产中，干涉显微镜可用来测量样品的表面平整度，测量各种薄膜（如二氧化硅薄膜、氮化硅薄层）的厚度，也可以用来测量PN结结深等。

中测探针台

wafer prober

一种与参数测试仪相配合，对布了金属互连线的集成电路进行中间测试的设备。其作用如同万能表的表笔。它是将许多弹性良好的特制金属针（探针）的一端与被测电路的电极接触，另一端通过导线与测试仪的对应接头相连来完成电特性测试的。中测探针台主要由探针架（安装探针，并能起落）、可纵横移动及转动的载片台（真空吸片）、观察及电气控制系统等组成。探针结构有两种。一种是安装在探针架上可随意调节的活动探针。它的通用性好，但可容纳的探针数较少。另一种是固定在板上的固定探针。其特点是，一种固定探针板只能测试一种图形的电路。它适用于批量生产，结构简单，可容纳的探针数也较多。

测试前，只要将探针对准待测电路的电极，并选定各项参数，其余工作即可由机器自动完成，即测试仪自动测完一个电路后，探针架抬起，载片台使片子前进到第二个电路，探针架落下，继续测量，并对不合格品打上标记。当测完一行时，由探边器给出指示而移到另一行，重复测量。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

十、例行试验及其它设备

例行试验设备

routine testing equipment

电子元器件和电子设备应具有一定的牢固性和稳定性。这些性能在生产过程中一般不予试验，而在每隔一定时期，抽取一定数量的产品作性能参数和稳定性试验（包括寿命试验和环境试验），以判定生产产品的性能上的优劣情况。作这类试验的设备称为例行试验设备。

环境试验设备

environmental test equipment

为保证电子元器件、电子设备的可靠性，根据它们的使用场合及运输条件而设计制造的单项试验设备或综合试验设备，统称为环境试验设备。前者有低温试验箱、高温试验箱、低气压试验箱和潮湿试验箱等，后者有振动试验台、冲击试验台和离心加速度试验机等。

振动试验台

vibration machine (exciter or shaker)

是产生一定振动运动的环境试验设备。按其结构分为机械式振动台、电液式振动台和电力式振动台等。按波形可分为正弦波振动台和随机波振动台等。

电动式振动台

electrodynamic vibration shaker; electrodynamic shaker

是在很宽的频率范围内对试件进行正弦波振动或随机波振动试验的设备。它由振动台体、功率放大器和激励信号源三部分组成。

振动台体：是将电能变为机械振动能的换能器。根据激振力产生的工作原理分为电动式振动台体、磁电式振动台体、压电晶体式振动台体和磁致伸缩式振动台体。

功率放大器：是将激励信号源的微弱功率进行放大以满足振动台体推力要求的电功率源。

激励信号源：是一种能产生与振动台体相同波形的电子振荡器。其输出大小和工作频率能在一定范围内连续可调。

机械式振动台

mechanical shaker

是用机械方式激振的振动试验台。常用的是利用不平衡重块旋转离心力强迫激振及旋转偏心激起共振等原理而产生正弦波形振动运动的振动试验台。它的工作频率范围一般为 10～100 赫，根据试验负荷不同可分别设计制造成大中小型系列机械振动台，它的应用范围较广，成本较低，工作比较可靠。由于机械传动和机械噪声带来的高次谐波使机械振动台的振动波形的正弦性较差。

电液式振动台

electrohydraulic shaker

利用电液伺服阀将一定波形（正弦波、方波和三角波等）的电信号放大成相应波形的液压能来推动液压作动筒产生相应波形振动运动的振动试验台。它的工作频率范围一般在 0 到 300 赫。它可实现自动定振扫频试验。它的驱动功率较大，适用于重负载的试验。这种振动台的电子驱动装置、自动扫频装置、伺服阀的制造及调整技术难度较大，振动波形较差。

振动自动控制仪

automatic vibration exciter control

是一个能自动调整振动参数（位移、速度和加速度）并交替控制的激励信号源。它除能发出振动台所需的振荡信号外，尚能根据试件所要求的振动参数进行定振控制和按预定的顺序进行位移-速度、位移-加速度和速度-加速度扫频试验。扫频方式分对数、直线两种。

振动测试仪

vibration measurement instrument

是用来测量各种振动参数的仪器。它分为机械式、光学式和电子式。这类仪器分别

用不同的方式将被测振动的位移、速度、加速度用表头显示或记录下来。电子式振动测试仪的输出还可作为电动式振动台自动控制的信号。

冲击试验台

shock test machine

是利用机械或气动、液压等原理产生冲击力，使试验台台面实现冲击运动，用来对试件进行碰撞和冲击试验的设备。冲击试验台可分为连续冲击台（工作台面作连续冲击运动）和单次冲击台（工作台面作非连续冲击运动），后者的冲击加速度值比前者的高。冲击试验台的冲击加速度值和冲击持续时间应在规定指标范围内连续可调。

离心加速度试验机

centrifugal acceleration test machine

是用来对试件进行恒加速度试验的设备。因为它是用机械旋转产生离心力的方法获得恒加速度，故称为离心加速度试验机。

摇摆试验台

rolling-pitching simulator

是一种模拟舰艇航行中出现的摇摆运动以对船用电子设备及平台进行摇摆试验的设备。其摆动周期和摆幅连续可调。

运输试验台

traffic simulator

是对电子产品进行模拟铁路、公路运输状况以检查电子产品经受运输能力的试验设备。使用这种设备比实地试验节省人力、费用和时间。

高温试验箱

high temperature test chamber

是对电子元器件进行高温试验的设备，用于试验电子元器件是否能够耐受高温。高温箱具有电热系统、温度控制系统和通风系统三个主要部分。

低温试验箱

low temperature test chamber

是对电子元器件进行低温试验的设备，用来试验电子元器件能否耐受低温。低温箱的低温是用液态氧或干冰等实现的，有的是按林德氏冷冻机原理进行工作的。

潮湿箱

humidity chamber

是对电子元器件进行潮湿试验的设备，用于试验电子元器件能否耐受潮湿。它的湿度是这样产生的：箱上部潮湿器中放有潮湿的麻布网，空气经过麻布网的时候，增加了湿度，为了使湿度迅速增加，有的在壁上加装加热器。为了使潮湿空气在箱中通过，设有鼓风机。电子元器件放于箱下部的工作室中，潮湿空气经工作室侧壁上的缝隙进入工作室。

低气压试验箱

low pressure test chamber

是对电子元器件进行低气压试验的设备。例如将电子管放在低气压箱内，使它在箱内工作，看其管脚间是否有跳火现象。空气的击穿电压与气压的高低有关，气压低击穿电压也低。气压箱内的空气用抽气机抽去。箱为一金属制的紧固箱，有密封门、观察窗、压力表等。

老化台

ageing table

经总装配和排气后的电子管，其性能并不稳定，需进一步进行电气处理，以达到正常运用标准。这种电气处理过程通称老化或老炼，所用的设备称为老化台。

金刚石模电火花钻孔机

electric discharge sinking machine for diamond die

用于在金刚石模上钻出直径为0.008～0.025毫米小孔的电腐蚀加工机床。机床工作台上有三个相同的加工装置和磨削工具（呈针状）的砂轮系统。正负电极分别置于上下方，其间通入浓度为1～2%的硝酸钾溶

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

液作为电介质，上下电极均与电源相连。

机床是利用两电极在一定距离下的火花放电，产生高温高压，进行加工的。为使加工过程能继续进行，将上电极作成螺旋形，以便自动调节放电距离。

金刚石模电火花扩孔机

electric discharge diamond die hole extender

用来扩大金刚石上小孔之孔径的设备。这种扩孔机是利用电脉冲产生的高频电火花所发出的巨大脉冲能量来熔蚀被加工工件。工作时，将高频能源传输给加工部分——钨针，在极间形成高频电火花，以此来扩大装于电极间金刚石模的孔径。

金刚石模磨平面机

plan grinding machine for diamond die

是用来磨制金刚石的两个平行端面和一个与端面垂直的侧面，以制造金刚石模的专用设备。

该机有一立式主轴，其上装有研磨盘，在研磨盘上洒上研磨剂。工作时，研磨盘高速旋转达到研磨的目的。根据夹持器的套数，决定被加工金刚石的数目。金刚石对研磨盘的压力可调。

分片机

wafer separator

是将背面贴有塑料薄膜的硅片沿划痕进行分离的设备。其工作过程如下：由电动机带动的滚筒借助宽布带而带动另外两个从动滚筒。在两从动滚筒之间有一曲线形金属板与宽布带相贴（通过调节滚轮的位置可改变宽布带与曲线形金属板间的压力）。将划有划线的硅片正面覆上一层薄纸，并使划线方向对准滚筒轴线，将其送进曲线形金属板与宽布带之间，硅片即可沿划痕分开，然后再转90°送进后，即可分成小片。

芯片分选机

die selector

是借助于显微镜对产品进行筛选的专用设备。芯片背面贴有塑料薄膜，已经分开的片子装在夹具上，夹具放在一个可作X，Y方向移动的工作台上，借助于显微镜可对芯片逐个进行检查。按动按钮，所需拣出的芯片即被真空吸嘴吸出，同时对成品进行计数。

自动清洗机

automatic rinser

是清除硅片表面沾污的专用设备。它由片架、清洗槽（数个）、溶液供给、超声、加热、链条传送、废液排除、程控等系统组成。它们安装在一具有排毒能力的净化台中。硅片装在片架内，片架悬挂在清洗机吊钩上，传送机构自动地把片架依次送到各清洗槽中进行清洗。

振动清洗机

vibration cleaning machine

是彩色显象管生产线专用设备之一，供屏锥封结后，套电子枪前清洗管颈用。这种设备采用机械振动和超声振动的方法，使粘附在锥体管壁上的尘埃脱落，同时吹入带有一定气压的纯净空气，把脱落的尘埃带出管外。为了保证管子内壁的纯净，用10%氢氟酸浸蚀屏，然后用去离子水清洗管子内壁的螺旋喷水管，再烘干气管。设备用十工位的回转盘来完成清洗管颈的全部工序。

去离子水装置

apparatus for producing deionized water

在半导体器件生产过程中，化学腐蚀及零件处理，尤其是清洗管芯，必须用高纯度水，因为用天然水清洗会使水中所含的一些导电金属离子附在器件表面，甚至随着磷、硼扩散到材料里面去，致使晶体管性能变坏。去离子水装置即是去除天然水中的杂质离子以得到纯水的设备。它采用离子交换法，即利用离子交换树脂具有置换其他离子的能力，而把水中的杂质离子（钙、镁等）交换掉，使水纯化的。

净化技术

室外大气尘（室外空气尘）

outside air contaminant

室外大气尘是室外大气中所含有各种成分的固体、液体的微小粒子。在空气中它是呈气溶胶状悬浮的，经常因扩散、吸湿、凝聚而处于不稳定状态。室外大气尘中5微米以下的灰尘粒数一般约占90～95%以上，对电子工业产品危害最大的也正是这部分粒径的微尘。

室外大气尘浓度

contaminant concentration of outside air

室外大气尘浓度一般用两种方法表示。一种是计重法，即每一立方米空气中含有灰尘的重量（毫克）。另一种是计数法，即每一升空气中含有各种粒径的灰尘总个数。

室外大气尘浓度与各地气候条件、环境特点、季节变化等多种因素有关。

由于目前洁净间内空气含尘浓度以计数为主，所以室外大气尘浓度也应以计数为主。

室内尘源

contaminant sources in the room

室内尘源很多，主要包括：室内天棚、墙壁、地面等建筑材料因磨擦、碰撞而产生的灰尘；生产过程中使用的液体、气体产生的挥发物；设备、零件、工具等由外界带进去及操作过程中产生的灰尘；工作人员的衣服、鞋袜由外界带进去和由于各种活动而产生的灰尘；送风和渗透风带入的灰尘。

各种尘源中，通常工作人员所带进和产生的灰尘是最主要的。

空气过滤器

air filter

它是过滤空气中尘粒的主要设备。根据其安装的位置，空气过滤器可分为预过滤器、中间过滤器和终过滤器；根据其过滤效率，又可分为低效（粗）过滤器、中效过滤器和高效过滤器。

低效（粗）过滤器

rough filter

低效过滤器一般能将5微米以上的尘粒清除掉。根据滤料的不同，可以分为网格浸油、填充纤维、粗孔泡沫塑料等低效过滤器。

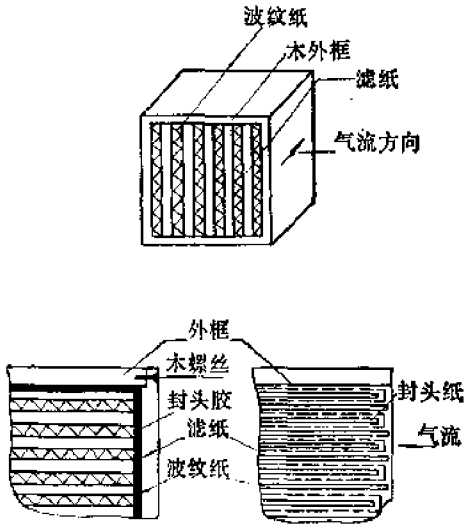
中效过滤器

medium efficiency filter

中效过滤器一般可将1～5微米的尘粒清除掉，可以起到保护高效过滤器的作用。根据滤料的不同有玻璃纤维、细孔泡沫塑料等中效过滤器。

高效过滤器

HEPA (high efficiency particulate air) filter



高效空气过滤器结构示意图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

高效过滤器是保证高洁净度空气的关键设备，一般可将1微米以下的尘粒绝大部分清除掉。高效过滤器主要是以玻璃纤维滤纸或石棉纤维滤纸为滤料。

过滤效率

filter efficiency

过滤效率就是过滤器前后空气含尘浓度之差与过滤器前空气含尘浓度之比的百分数。过滤效率是衡量一个过滤器性能的主要指标。

过滤效率由于采用方法不同可分为：计重效率、比色效率和计数效率等。

计重效率

filter efficiency measured by weight

过滤器前后空气含尘重量之差与过滤器前空气含尘重量之比的百分数称计重效率。

比色效率

filter efficiency measured by dust spot method

将过滤器前后空气各自污染的滤纸的颜色进行比较而得的效率称为比色效率。

计数效率

filter efficiency measured by particle count

过滤器前后空气计数浓度之差(个/升)与过滤器前空气计数浓度（个/升）之比的百分数称为计数效率。

如只计算过滤器前后空气内某一粒径的计数浓度之差与过滤器前空气内同一粒径的计数浓度之比的百分数称为粒径计数效率。

过滤器的穿透率

filter penetration

经过滤器后空气含尘浓度与过滤器前空气含尘浓度之比的百分数称为过滤器的穿透率。

穿透率的含义是着眼于空气经过滤器后残存的灰尘量，而过滤效率则是着眼于空气经过滤器后被过滤掉的灰尘量。

例如，有两个高效过滤器，其计数效率分别为99.98%和99.99%。看起来两个过滤器的性能好象差不多，但实际上前者的穿透率为0.02%，后者为0.01%，就其穿透率来说，性能相差一倍。因此，对于高效过滤器后空气含尘浓度的控制，用穿透率的概念比较明确。

洁净间

clean room

采取各种措施将房间空气中各种粒径的灰尘限制和控制在一定的范围内（例如对于≥0.5微米的尘粒，每升空气中限制和控制在数千颗或数百颗甚至数颗以内），同时对房间内空气的温度、相对湿度、压力和速度等也保持在适当的范围内。这种房间称为洁净间。

洁净间标准

clean room standards

洁净间有不同标准。常用的是根据洁净间一定体积内对大于或等于某一粒径的灰尘颗数限制在一定数量而制订的标准。例如，国外常将洁净间一立方呎空气中≥0.5微米尘粒的颗数不超过100颗的规定为“100”级洁净间等等。也有用洁净间一定体积空气中含尘重量的多少再加上洁净间单位面积在单位时间内允许沉积的灰尘颗数来制订洁净间标准的。

洁净间标准的高低直接影响基本建设投资、维护费用等的高低，所以在采用洁净间标准时应根据生产需要等因素慎重确定。

洁净间建成投产后，实测的室内单位空气体积内所含之不同粒径的尘粒数称为洁净间的洁净度。洁净间标准是设计洁净间前选定的，而洁净间的洁净度则是反映洁净间内各种洁净设备、管理、维护等水平的。

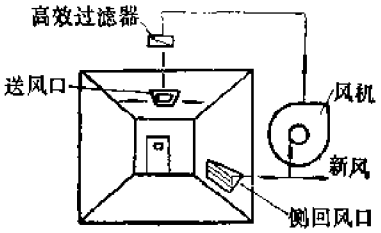
常规型（紊流型）洁净间

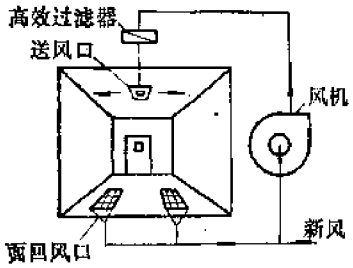
conventional clean room

经过各级过滤器过滤后的空气，由通风

机经风管一般经由房间上部（顶部或侧部）送入房间，由房间下侧墙或地面回风口抽回。这种送回风方式的洁净间称为常规型（紊流型）洁净间。

这种洁净间的优点是造价较低，可以适用于洁净度要求不是很高的洁净间。缺点是房间内气流比较紊乱，房间内部分区域（尤其是房间四角）易形成涡流区。



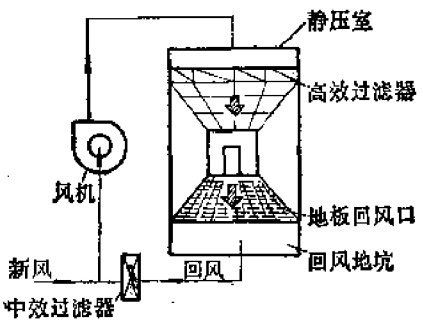


常规型(紊流型)洁净间示意图

水平层流型洁净间

cross-flow laminar clean room

经过各级过滤器过滤后的空气，由房间的一侧沿侧墙的整个截面（也有是部分截面的）以一定的流速（0.3～0.5米/秒）吹向相对面的侧墙回风或相对面的顶棚回风口回风。这种以层流流动的送回风方式的洁净间称为水平层流型洁净间。



水平层流型洁净间示意图

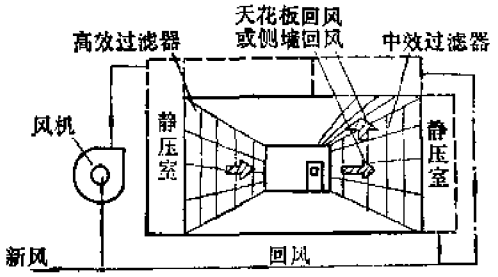
它的优点是房间内气流平整，涡流区小，能保证较高的洁净度。缺点是造价较贵，气流下游区的空气洁净度较上游区差。

垂直层流型洁净间

down-flow laminar clean room

经过各级过滤器过滤后的空气，由顶棚除照明灯带以外的整个截面以一定的流速（0.25～0.45米/秒）垂直向满布整个地板截面上的回风口（也有少数从沿房间踢脚板四周均匀敷设的回风口）回风。这种以层流流动的送回风方式的洁净间称为垂直层流型洁净间。

它是目前洁净效果最好的一种洁净间。房间内整个区域基本能保持相同的洁净度。缺点是造价很高、要求有一定的层高、需建回风地坑、维护管理费用也高等。因此垂直层流型洁净间只有当生产工艺对洁净度有很高要求的个别部分才采用。



垂直层流型洁净间示意图

装配式洁净间

prefab (prefabricated) clean room

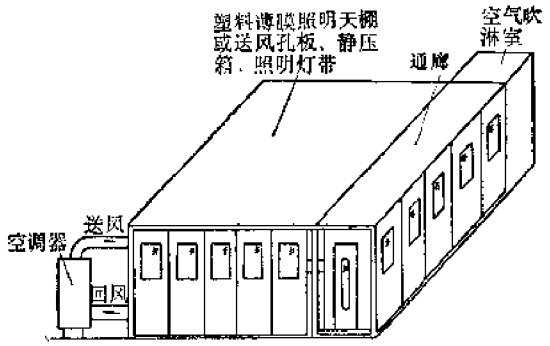
装配式洁净间就是由工厂制造、现场装配的洁净间。它通常由带净化装置的空气调节器、空气吹淋室、照明灯具、各种围护结构等十余种单机和部件组装成的。它是一种能保证高洁净度和恒温、恒湿等环境的设备。

装配式洁净间具有结构轻巧、拆装方便、施工安装周期短等优点。

装配式洁净间根据室内气流组织的不同

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

而分为常规型的、水平层流型的和垂直层流型的。



装配式洁净间示意图

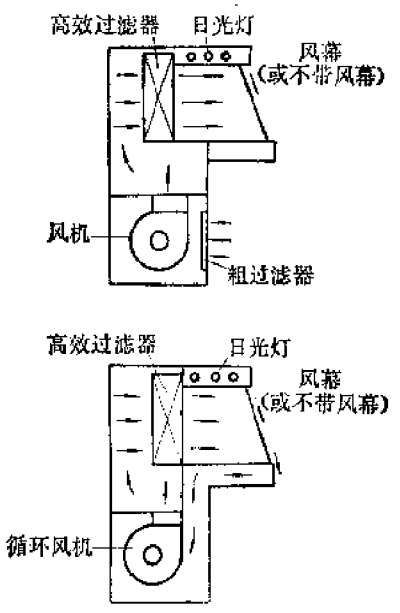
洁净工作台

clean work station; clean bench

洁净工作台是保证局部工作区域有一定洁净环境的一种工作台。一般每个工作台都配有预过滤器、经过滤器和循环风机。

根据工作台截面内气流形式的不同分为水平层流洁净工作台和垂直层流洁净工作台两大类。它们的共同特点是在一定的清洁环境中（不必建造完整的洁净间），能提供局部区域高效能的洁净环境。

洁净工作台有通用型的，也有与工艺设备配套的各种专用工作台，如为半导体生产配套的洁净工作台就有涂胶、光刻、扩散、清洗、装架等多种。



洁净工作台示意图

气闸室

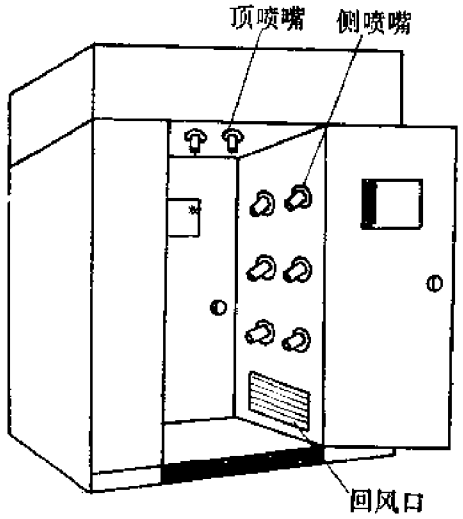
air lock

气闸室就是放在水平层流型或垂直层流型洁净间入口处的小室。小室装有两道连锁的门，一道门打开时另一道门关闭，以防止洁净间外污染空气进入洁净间。

空气吹淋室

air shower

空气吹淋室通常安装在洁净间入口处，用来吹除工作人员身上工作服、帽子和人体裸露等部分表面附着的大部分灰尘，并兼有气闸作用。吹淋室有通过型和停留型两种。空气吹淋室工作时，装在吹淋室侧壁小室内的通风机吸入空气经预过滤器、经过滤器过滤后，由出风喷嘴以很高的速度吹向人体各部，使工作服抖动而迫使附着的大部分灰尘掉下来。



空气吹淋室示意图

物料吹淋室

parts cleaning air shower

物料吹淋室用来吹除进入洁净间的各种工艺零件、部件和工具等表面附着的灰尘。它的工作原理基本和人员的空气吹淋室相同。

洁净间内空气的正压

positive pressure of air in clean room

为了防止洁净间外部污染空气的侵入，必须保证洁净间内空气压力要高于洁净间外空气压力（即洁净间内空气有一定的正压）。

整个洁净车间内，各洁净间内空气正压值的大小是根据各洁净间不同洁净标准而确定的。洁净标准最高的洁净间的正压值最大，而洁净标准最低的辅助性房间和走廊等的正压值最小，但还是高于邻近的非洁净间和室外空气的压力。这样就保证了空气只能由洁净度较高的房间向洁净度较低的房间流动。

正压的控制

control of positive pressure

洁净间内空气正压的控制一般有以下三种方法：

（1）手动控制

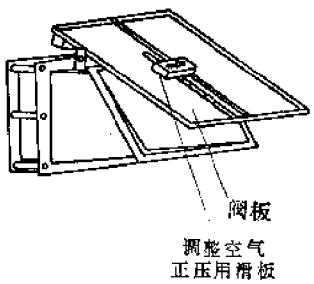
使洁净间内的送风量大于回风量（或回风量加排风量）维持洁净间内空气的一定正压。

（2）自动控制

当洁净间与邻室间的空气正压差值偏离规定值时，定压差仪表即控制风管上的自动风门的开启度来调整送、回风量或新风比例，从而维持洁净间内需要的正压值。

（3）余压阀控制

当洁净间与邻室间空气的正压差超过规定的数值时，余压阀板即自动打开排出超过规定压差的风量，低于规定的压差时，余压阀板严密关闭。余压阀是一种较简单的自动控制正压的装置。



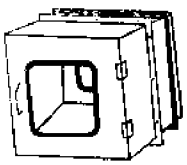
余压阀示意图

传递窗

pass-through box

为了使洁净间内人员的活动尽量减少、室内的门尽量少开启以利维持洁净间内的正压和洁净度，因此洁净间与洁净间之间、洁净间与非洁净间之间，工具和零、部件等的传送是通过传递窗进行的。

传递窗系由开、闭相反的两层窗扇构成，两侧的窗扇间有机械联动装置或电气闭锁装置，一侧的窗扇处于关闭状态时，另一侧的窗扇才能打开。



传递窗示意图

粘着垫

sticky mat

粘着垫是一种净鞋装置。它由数十层（一般是三十层）布、逐层涂上明胶（虫胶）压在一起而制成的。

粘着垫放在洁净间的进门处，也可以放在侧回风空气吹淋室的底部以粘掉鞋上的灰尘。当粘着垫表面层灰尘较多时，即将这一层布撕掉，再使用第二层，直到用完为止。

静电自净器

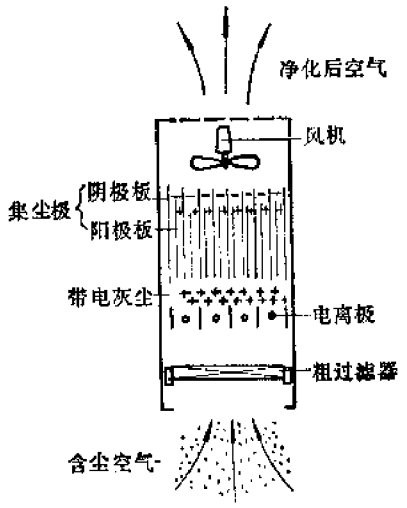
self-clean electrostatic filter

在常规型（紊流型）洁净间内，由于气流组织方式的局限性，一些地方（如房间的四个角落）会形成涡流区，在一定程度上影响整个洁净间内空气的洁净度。为了改善这些地方空气的洁净度采用了一种局部净化设备——静电自净器。

静电自净器工作时，含尘空气由下部进入，经过低效过滤器，然后在电离极上空气被电离并使尘粒带电，带电的尘粒在集尘极板上被吸附，由上部排出的空气就是经过净

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

化处理后的空气。



静电自净器示意图

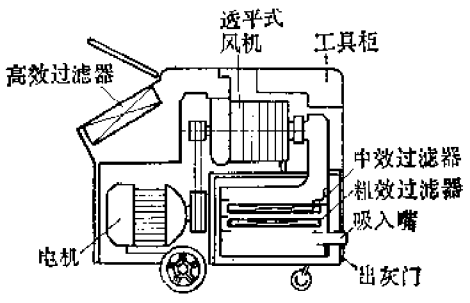
移动式真空吸尘机

portable vacuum cleaner

移动式真空吸尘机由透平式风机、各级过滤器（经过滤器之过滤效率不能低于洁净间送风系统经过滤器之过滤效率）、吸尘管和各种形式的吸尘嘴（圆的、扁平的、带刷子的等）组成。

它利用透平式风机所造成的真空，通过吸尘管、吸尘嘴将附着于洁净间顶棚、四壁、地面和机具、物件、设备等表面上的灰尘吸入，再经各级过滤器过滤，过滤后的空气仍排入洁净间内。

它的优点是投资较少，可以移动使用，适宜于面积不太大的洁净间内作清扫用。它的缺点是排出的空气仍回入洁净间内，所以还会有一小部分灰尘仍进入洁净间内。



移动式真空吸尘机示意图

集中式真空吸尘系统

central vacuum cleaning system

一般在较大面积的洁净间内，常设有集中式真空吸尘系统。它包括集中布置的吸尘管道、各种形式的吸尘嘴、专用的除尘器（如布袋除尘器等）和真空泵、消声器等。

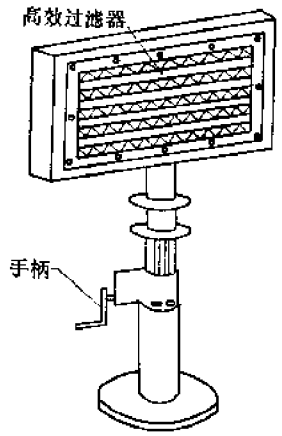
工作时，吸尘嘴与装在墙上的管道接口连上，并借真空泵造成的真空将尘粒吸入，经除尘器除尘后排到室外大气中。

它的优点是系统吸入的空气都排到室外，所以不必用高效过滤器作为除尘器，而且由于空气不回到洁净间内，所以也不致影响洁净间内空气的洁净度。它的缺点是投资稍高，而且由于抽走了室内的空气，所以需补充这部分被抽走的空气。

移动式层流空气净化装置

portable laminar flow unit

它由装在一个外框架内的高效过滤器、循环通风机等组成。框架装在一个可以调整高度的支架上。当工艺生产需要局部地区供应净化空气时，可将这种净化装置推到工作区，调整支架高度就可调整送出的层流净化空气的高度。



移动式层流空气净化装置示意图

防尘服

garment for clean room

进入洁净间的工作人员必须穿戴由去静电的全涤纶（的确良）或全锦纶（尼龙）制

的工作服、帽等。

防尘服可以制成全套形的和单件的。防尘服要求无口袋、接缝少、颈口与袖口带松紧带、无毛边、带拉锁等。

防尘服要根据洁净间内的洁净标准而分别选用。

洁净间的监测

monitoring of clean room

洁净间建成后，须进行验收。验收时，除测定室内空气温度、相对湿度、正压值等外，更重要的是测定室内空气单位体积内的平均含尘量。因此一个洁净间必须配有测定、监督各种参数，尤其是含尘量的仪器、仪表等。

有些洁净间内还装有警报信号装置。当洁净间内含尘量超过或接近标准规定的数值时，即发出各种信号，使监测人员可立即采取措施减少室内空气的含尘量。

洁净间的监测是保证洁净间正常工作的很重要措施。

滤膜法测尘

dust count by membrane method

将微孔滤膜放入采样头（一般用不锈钢制）、开动真空泵以一定的流量在洁净间内采样，经过一定时间取出滤膜，将滤膜熏后在高倍数显微镜下用肉眼观察，将不同粒径的尘粒分类计数，即可推算出洁净间单位体积空气中不同粒径的尘粒数。

这种方法的优点是设备较简单、容易置备，能用肉眼观察从而分析尘粒的性质。缺点是要求有较熟练的技术，另外对于5微米以下尘粒的观察误差较大，观察时间也较长。

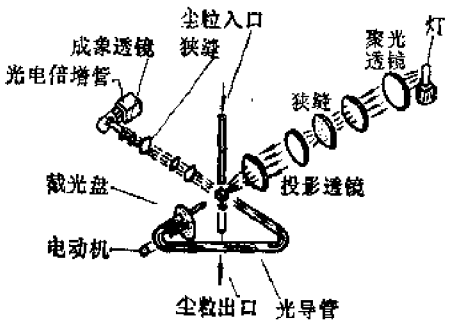
光电尘粒计数器

dust counter with light scattering method

光电尘粒计数器是一种利用光的散射原理进行尘粒计数的仪器。一定流量的含尘空气通过一束强光，使尘粒子发出散射光，经过聚光透镜投射到光电倍增管上，将光脉冲变为电脉冲，由脉冲数求得颗粒数。根据尘粒散射光的强度与尘粒直径的函数关系得出尘粒的直径。

计数器一般还带有稀释器，可在含尘浓度较大的环境中使用。计数器再配上打字机，就能自动记录不同粒径灰尘的数量。计数器一般可以测出一定空气体积内0.3微米～10微米的不同粒径灰尘的总数或分粒径的灰尘颗数。

它的优点是计数速度快、使用也较方便。缺点是价格很贵，另外，它只能测出不同粒径的尘粒数，但不如滤膜测尘法那样可以查出灰尘的性质、外形等。



光电尘粒计数器原理图

气体净化

gas purification

这里是指对于生产中所需的氢气、氧气、氮气、压缩空气等进行脱除各种杂质（如其它气体、水分、油分及尘粒等）的过程。

电子工业生产中所需氢气、氮气一般均需进行脱氧、脱水，一些工序还需进行滤尘。净化后的气体纯度为：含氧量≤10ppm；含水量－40～－60℃(露点)；含尘量≤3.5粒/升(粒径＞0.5微米)。

压缩空气一般需脱水（如未采用无润滑压缩机时，还要除油）。一些工序还需滤尘，净化后的气体纯度为：含水量－40℃（露点）；含尘量≤3.5粒/升（粒径＞0.5微米）；含油量痕迹。

氧气则仅在一些工序才需滤尘。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

目前工业生产中气体脱氧采用催化脱氧；脱水采用吸附干燥法；滤尘采用多孔陶瓷或微孔玻璃和过滤纸。

催化脱氧

catalytic deoxidation

在一般情况下，氢和氧化合成水的反应，需在高温、高压下方能进行。但在有某种物质存在时，在适当的温度条件下，反应可迅速的进行。通常把这种本身不参加化学反应，但能够促进化学反应顺利进行的物质叫做催化剂或触媒。在催化剂存在下发生的化学反应称为催化反应。

氢气中的少量氧气和氮气中的少量氧气的脱除，在工业上大多采用在有催化剂的存在下，使氢气中的氧与氢催化反应成水被除去。氮气中的氧与加入的必要氢气使催化反应成水而被除去。

目前国内的脱氧催化剂有：0603型（铜）、651型（镍、铬）、105型（或钯分子筛）等。反应温度从常温到200℃左右。催化脱氧后含氧量一般达10ppm，有的还可达5ppm以下。

吸附干燥

absorption dry

吸附作用就是用多孔性的固体物质（吸附剂）吸附气体、水汽的过程，被吸附的物质可以用解吸的方法从吸附剂中放出，即当吸附达到饱和后就不能再吸附，而需进行解吸（在操作上叫再生），解吸后吸附剂又恢复了吸附能力，所以在生产中吸附和解吸（再生）的操作是交替进行的。

吸附剂的吸水性能随温度的提高而降低，所以吸附过程应尽量在较低温度下进行。解吸过程与吸附过程相反，要求在较高温度下进行，所以一般是用加热后的气体进行解吸。

通常采用的吸附剂有：硅胶、活性氧化铝、分子筛等。吸附干燥后含水量可达－40～－70℃（露点）。

露点

dew point

通常所说的露点即气体的露点温度，是指湿气体中的水蒸汽达到饱和时的温度（或湿气体中水汽开始结露时的温度）。

气体的露点温度越低，即气体中水蒸汽含量越少，也就是气体越干燥。

纯水

pure water

“纯水”一般理解为不含有任何杂质的水。而“理论纯水”的概念就是水中除由于本身离解而存在的极微量的H^+和OH^-离子外，没有任何杂质，事实上它是不存在的。

实际应用的“纯水”应理解为水中杂质含量极微，而其容许存在的杂质种类及含量大小是随使用要求不同而不同的。也就是说“纯水”的含义是随不同的用水要求而不同的，因此，用一个水质标准来衡量是否属于“纯水”是不恰当的。

实际上是根据使用要求，人为地制订不同的水质标准，符合某一水质标准的水，就是该标准下的“纯水”。

电子工业生产所用的“纯水”，一般主要要求从自来水中除去溶解无机物（去除的程度以电阻率表示，去除程度愈高，电阻率值愈大）。不同的产品有不同的水的电阻率要求。一般有要求水的电阻率大于1、5、10兆欧·厘米等不同等级的“纯水”（25℃时理论“纯水”电阻率的理论计算值为18.3兆欧·厘米），或称不同纯度的脱盐水或去离子水。

对于集成电路、微电子器件生产用的“纯水”，不但要求溶解无机物含量更微，而且还要求去除残存的非溶性物和溶解有机物，使水质达到电阻率16～18兆欧·厘米，微细颗粒含量（最大粒径0.5微米）＜150个/毫升，细菌总数＜10个/毫升，溶解有机物

含量＜1 ppm 等指标。

目前，在实际工作中常有“去离子水”、“纯水”、“高纯水”、“超纯水”等说法。一般含义是把只要求去除溶解无机杂质的水称为“去离子水”；把再进一步要求去除非溶性杂质的水称为“纯水”；也有的把电阻率小于10兆欧 厘米的水称为“纯水”；把电阻率大于10兆欧 厘米的水称为“高纯水”；而把再进一步要求去除非溶性和溶解有机物杂质的水称为“超净水”。这些都是随着生产的发展和制水技术的发展而提出的一些相对概念。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

英 文 索 引

A

	页码
absolute vacuum gauge	32—8
absorption dry	32—69
ageing table	32—60
air filter	32—62
air-inlet valve	32—14
air lock	32—65
air shower	32—65
apparatus for feeding molten glass	32—51
apparatus for producing deionized water	32—61
arc discharge coating equipment	32—20
arc furnace	32—30
arc welding machine	32—34
argon arc welding machine	32—34
asymmetric A-C sputtering equipment	32—23
atmospheric electron beam welding machine	32—36
Auger electron energy spectrometer	32—56
automatic double surface gluer	32—39
automatic drafting machine	32—37
automatic electron beam bulb blowing machine	32—52
automatic forming press	32—54
automatic grid winding machine	32—52
automatic internal-threading and flat milling machine	32—55
automatic mask alignment exposure machine	32—40
automatic rinser	32—61
automatic tablet press	32—54
automatic vibration exciter control	32—59

B

B-A (Bayard-Alpert) ionization gauge	32—11
base pin machine	32—55
beam lead bonder	32—34
bell hydrogen resistance furnace	32—29
bell vacuum resistance furnace	32—28
bias sputtering equipment	32—23
bimetallic vacuum gauge	32—9
booster pupm	32—14
braider	32—54
bulk getter pump	32—5
butt welding machine	32—32

C

capacitor core reeling machine	32—54
catalytic deoxidation	32—69
cathode shield tapering machine	32—53
cathode sputtering equipment	32—21
central vacuum cleaning sytem	32—67
centrifugal acceleration test machine	32—60
chemical-mechanical polishing machine	32—51
chemical reaction coation equipment by electron beam	32—24
chemical vapor deposition equipment	32—44
circular seam sealing machine	32—32
clean bench	32—65
clean room	32—63
clean room standards	32—63
clean work station	32—65
coil winding machine	32—54
cold cathode ionization gauge	32—10
cold cathode Penning ion source	32—48
cold cathode type magnetron gauge	32—11
color picture tube exposure device	32—40
compound titanium pump	32—7
compression type vacuum gauge	32—9
contact welding equipment	32—31
contaminant concentration of outside air	32—62
contaminant source in the room	32—62
control of positive pressure	32—66
conventional clean room	32—63
coordinategraph	32—37
cross-flow laminar clean room	32—64
cryopump	32—8
cryo-trap	32—14
cutting-head machine	32—53
cutting machine	32—49
cylinder epitaxial furnace	32—44

D

D-C diode sputtering equipment	32—22
developing apparatus	32—43
developing machine	32—42
dew point	32—69

diaphragm vacuum gauge 32—8
die bonder 32—33
die selector 32—61
differential leak detector 32—12
diffusion-ejector pump 32—5
diffusion furnace 32—45
diffusion pump 32—3
discharge tube 32—9
discretionary wiring machine 32—42
double-plasma ion source 32—47
double surface exposure machine for shadow mask 32—41
down-flow laminar clean room 32—64
dust count by membrane method 32—68
dust counter with light scattering method 32—68

E

ejector pump 32—4
electric discharge diamond die hole extender 32—61
electric discharge sinking machine for diamond die 32—60
electric heating equipment 32—27
electrodynamic shaker 32—59
electrodynamic vibration shaker 32—59
electrohydraulic shaker 32—59
electron beam coating equipment 32—18
electron beam disconnection machine 32—50
electron beam exposure apparatus 32—41
electron beam furnace 32—30
electron beam implantation machine 32—48
electron beam mask-making apparatus 32—41
electron beam melting furnace 32—30
electron beam process equipment 32—15
electron beam projection exposure apparatus 32—41
electron beam single crystal furnace 32—49
electron beam welding machine 32—35
electron beam wiring machine 32—41
electron beam zone refining furnace 32—30
electron microscope 32—56
electron probe 32—56
elevator hydrogen resistance furnace 32—29
elevator vacuum resistance furnace 32—28
environmental test equipment 32—59
etching apparatus 32—43
e-type electron gun 32—19
evaporator ion pump 32—6
exhaust equipment 32—25
exhaust machine 32—26
exhaust station 32—26
exposure equipment 32—39

F

face down bonder 32—34
filament cutter 32—53
filter efficiency 32—63
filter effidency measured by dust spot method 32—63
filter efficiency measured by particle count 32—63
filter efficiency measured by weight 32—63
filter penetration 32—63
first reduction camera 32—38
fixed vane rotary piston pump 32—2
flash welding 32—33
flip chip bonder 32—34
fore-line 32—15
fore pump 32—14

G

garment for clean room 32—67
gas analyer 32—11
gas purification 32—68
gas welding machine 32—34
getter packaging machine 32—55
getter sputtering equipment 32—23
glass article forming machine 32—52
glass tube cutter 32—52
glass tubing drawing machine 32—51
glow discharge sputtering equipment 32—22
grating positioning step and repeat photographic camera 32—38
grid machine for ceramic-metal tube 32—53

H

halogen leak detector 32—13
heating equipment 32—27
helium mass spectrometer leak detector 32—13
HEPA (high efficiency particulate air) filter 32—62
high frequency excited arc sputtering equipment 32—23
high frequency excited plasma sputtering equipment 32—23
high frequency induction heating coating equipment 32—20
high frequency ion source 32—47
high frequency spark leak detector 32—12
high frequency sputtering equipment 32—22
high pressure crystal growth furnace 32—49
high temperature test chamber 32—60
holding pump 32—14
horizontal diffusion furnace 32—46
horizontal epitaxial furnace 32—43

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

horizontal hydrogen resistance furnace 32—29
horizontal vacuum resistance furnace 32—28
hose 32—14
hot cathode ionization gauge 32—10
hot cathode type magnetron gauge 32—11
humidity chamber 32—60
hydrogen resistance furnace 32—29

I

implantation equipment 32—45
induction furnace 32—30
infrared heating furnace 32—31
infrared welding machine 32—37
inline exhaust machine 32—26
inside diameter slicer 32—49
interference microscope 32—58
ion beam deposition equipment 32—24
ion beam process equipment 32—16
ion etching machine 32—43
ion-gettering pump 32—6
ion implantation apparatus 32—46
ionization gauge 32—9
ion probe 32—56
ion pump 32—6

K

knife edge-cutting machine 32—49

L

lapping machine 32—50
laser cutting machine tool 32—50
laser heating coating equipment 32—20
laser positioning step and repeat photographic camera 32—38
laser process equipment 32—16
laser scribing machine 32—50
laser slicing machine 32—50
light beam welding machine 32—37
low pressure test chamber 32—60
low temperature test chamber 32—60
L-type electron gun 32—19

M

magnetic deflection partial pressure gauge 32—11
main pump 32—14
mask comparator 32—38
maskless electron beam coating equipment 32—25
mask printer 32—39
mass spectrometer 32—56
mechanical baffle 32—14
mechanical booster pump 32—2
mechanical shaker 32—59
mechanical vacuum pump 32—1
medium efficiency filter 32—62
mercury diffusion pump 32—4
mercury ejector pump 32—4
metallographycal microscope 32—58
microscope 32—57
microphotography camera 32—38
microwave oven 32—31
molecular pump 32—3
molecule beam epitaxial furnace 32—44
monitoring of clean room 32—68
Muffle furnace 32—28
multi-coupling rotary vacuum pump 32—2
multiple tube diffusion furnace 32—46
multi-source continuous vacuum coating equipment 32—25

N

needle valve 32—15
non-contact welding equipment 32—34
non-electric heating equipment 32—31

O

oil diffusion pump 32—3
oil-free mechanical pump 32—3
oil-free ultra-high vacuum coating equipment 32—25
oil-free ultra-high vacuum exhaust station 32—26
oil-free vacuum system 32—13
oil-sealed rotary pump 32—1
oil vapour ejector pump 32—4
omegatron type mass-spectrometer 32—12
orbitron titanium pump 32—6
outside air contaminant 32—62
outside diameter slicer 32—49
oxidation furnace 32—45

P

palladium barrier leak detector 32—13
paper and foil cutter 32—54
parallel seam sealing machine 32—32
partial pressure vacuum gauge 32—11
parts cleaning air shower 32—65
pass-through box 32—66
pattern generator 32—42
photorepeater 32—38
photoresist spinner 32—39

physical-chemical pump 32—5
pit hydrogen resistance furnace 32—29
pit vacuum resistance furnace 32—28
plan grinding machine for diamond die 32—61
plasma argon arc welding machine 32—34
plasma degumming machine 32—43
plasma electron beam welding machine 32—36
plasma heating furnace 32—31
plasma sputtering equipment 32—22
plastic packaging machine 32—53
plastics processing mill 32—53
plug pin forming machine 32—54
polishing machine 32—51
portable laminar flow unit 32—67
portable vacuum cleaner 32—67
positive pressure of air in clean room 32—66
prefab (prefabricated) clean room 32—64
pre-pump 32—14
pressure welding 32—33
primary pattern generator 32—42
pumping equipment 32—1
pure water 32—69

Q

quadrupole mass spectrometer 32—12
quartz crystal cutter 32—49

R

radicactive ionization gauge 32—10
reactive sputtering equipment 32—23
receptacle forming machine 32—55
reciprocating pump 32—3
relative vacuum gauge 32—8
reserve energy spot welding machine 32—32
reservoir 32—15
resistance furnace 32—27
resistance heating coating equipment 32—17
resistance vacuum gauge 32—9
resistance welding equipment 32—32
ring-shaped press for getter 32—55
ring-type electron gun 32—19
rolling-pitching simulator 32—60
rolling welding machine 32—32
Roots vacuum pump 32—3
rotary-vane pump 32—2
rotating plunger pump 32—2
rough filter 32—62
roughing pipe 32—15
round exhaust machine 32—26
routine testing equipment 32—59

S

scanning electron microscope 32—57
scribing machine 32—50
sealing washer 32—15
self-clean electrostatic filter 32—66
semicontinuous vacuum resistance furnace 32—28
semioilfree vacuum system 32—14
sheet mica riveter 32—55
shock test machine 32—60
single crystal growing furnace (Czochralski method) 32—48
single tube diffusion furnace 32—46
sorption trap 32—14
special technological equipment 32—1
spherical surface milling-grinding machine 32—51
spiral filament forming machine 32—52
spot welding machine 32—32
sputtering equipment 32—21
sputter ion pump 32—7
steam ejector pump 32—4
step and repeat photo-camera 32—38
sticky mat 32—66

T

thermal conductivity vacuum gauge 32—9
thermal radiation vacuum gauge 32—9
thermistor vacuum gauge 32—9
thermocompression bonder 32—33
thermocouple vacuum gauge 32—9
titanium sublimation pump 32—4
total pressure vacuum gauge 32—8
traffic simulator 32—60
transformer C-core cutting machine 32—50
transformer C-core reeling machine 32—54
twoply vacuum exhaust station 32—26

U

ultra-high vacuum gauge 32—10
ultrasonic bonding machine 32—33
ultrasonic cutting machine 32—50
ultrasonic wire bonder 32—33
ultraviolet approximate exposure machine 32—40
ultraviolet contact exposure machine 32—40
ultraviolet exposure machine 32—40
ultraviolet projection exposure machine 32—40
U-type vacuum gauge 32—8

V

vacuum coating 32—17

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

vacuum coating equipment 32—17
vacuum electron beam welding machine 32—35
vacuum equipment 32—15
vacuum evaporation 32—17
vacuum gauge 32—8
vacuum impregnation equipment 32—55
vacuum pump 32—1
vacuum resistance furnace 32—27
vacuum system 32—13
vacuum valve 32—14
vacuum vapor plating 32—17
vapor epitaxial furnace 32—43
vapour stream pump 32—3
vertical epitaxial furnace 32—44
vertical sintering furnace 32—29
vibration cleaning machine 32—61
vibration machine (exciter or shaker) 32—59
vibration measurement instrument 32—59

W

wafer prober 32—58
wafer separator 32—61
welding equipment 32—31
wire drawing machine 32—52

X

X-ray exposure apparatus 32—42